

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

 **LA TÉCNICA**
Revista de las Agrociencias



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
MANABÍ
Fundada en 1952

11
VOLUMEN
Núm. 1



ENERO - JUNIO 2021

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, Sangelquí, 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 Sánchez, 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

AGRICULTURA Y SILVICULTURA

Evaluación proteica de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) en el crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva

Protein evaluation of amaranth (*Amaranthus dubius*) flour on the growth of shrimp *Penaeus vannamei* postlarvae

Luisa Ana Zambrano Mendoza, Adriana Lilibeth Párraga Vergara, Vicky Yuliana Parrales Mendoza, Fátima Graciela Arteaga Chávez, Francisco Manuel Demera Lucas, Carlos Julio Tubay Bermúdez

1-7

Incidencia de ácaros en la pudrición de la vaina en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.)

Incidencia de ácaros en la pudrición de la vaina en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.)

Christian Alejandro Durán Mera, María Leticia Vivas Vivas, Víctor Hugo Rivera Pizarro

8-14

Efectos del daño mecánico inducido por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas

Effects of nematode-induced mechanical damage to the plantain root system under controlled conditions

Alex Delgado Párraga, Daniel Navia, Carmen Triviño, Luis Peñaherrera, Jessica Zambrano Mero

15-20

Sustainability indicators for banana's farm evaluation in agricultural areas of Babahoyo, Ecuador

Indicadores de sustentabilidad para la evaluación de fincas de banano en zonas agrícolas del cantón Babahoyo, Ecuador

Oscar Caicedo-Camposano, Carlos Balmaseda-Espinosa, Dalton Cadena-Piedrahita, Eleonora Layana-Bajaña

21-27

AGROINDUSTRIA

Evaluación de las condiciones higiénica sanitarias en la elaboración de alcohol artesanal en Manabí

Evaluation of the hygienic sanitary conditions in the elaboration of artisanal alcohol in Manabi

Gissela Nevárez-Loor, Frank Intriago-Flor, José Luis Plúa-Barcia

28-33

PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

La hipocalcemia en vacas lecheras y sus alternativas diagnósticas en campo: Revisión

Hypocalcemia in dairy cows and its diagnostic alternatives in field: Review

Gilma Susana Gallegos Rosales, Carolina Fonseca Restrepo

34-47

Ecuador libre de cultivos transgénicos: Un enfoque desde la perspectiva agroecológica y jurídica

Ecuador free of GM crops: An approach from an agroecological and legal perspective

Jonathan Zhiminaicela-Cabrera, Ana Paula Bravo-González, José Nicasio Quevedo-Guerrero, Ivanna Gabriela Tuz-Guncay, Rigoberto Miguel García Batista, Sayda Noemi Herrera-Reyes

48-55

Revisión sistemática de las metodologías para tomar acciones que minimizan los efectos negativos ocasionados por las máximas avenidas de los ríos

Systematic review of the methodologies to take actions that minimize the negative effects caused by the maximum avenues of the rivers

Sócrates Pedro Muñoz Pérez, Lucy Cassandra Torres Torres, Jainer Luysin Navarro Medina

56-64





Evaluación proteica de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) en el crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva

Protein evaluation of amaranth (*Amaranthus dubius*) flour on the growth of shrimp *Penaeus vannamei* postlarvae

Autores

- ✉ ¹Luisa Ana Zambrano Mendoza
- ✉ ²Adriana Lilibeth Párraga Vergara
- ✉ ²Vicky Yuliana Parrales Chávez
- ✉ ¹Fátima Graciela Arteaga Chávez
- ✉ ²Francisco Manuel Demera Lucas
- ✉ ³Carlos Julio Tubay Bermúdez

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

²Carrera de Agroindustria. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López Calceta, Ecuador.

³Instituto Politécnico de Leiria. Leiria, Portugal.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Zambrano Mendoza, L. A., Párraga Vergara, A. L., Parrales Chávez, V. Y., Arteaga Chávez, F. G., Demera Lucas, F. M. y Tubay Bermúdez, C. J. (2021). Evaluación proteica de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) en el crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva. *La Técnica*, 11(1), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v0i25.3165>

Recibido: Octubre 30, 2020

Aceptado: Noviembre 29, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

Se evaluó la calidad nutricional de la harina de amaranto (*Amaranthus dubius*) (HA) como fuente alternativa de proteína de la harina de pescado (HP) en dietas para el camarón *Penaeus vannamei* baja salinidad, para lo cual se realizó una prueba de alimentación durante 28 días para examinar los efectos de la sustitución parcial de 15, 20, 25 y 30% de HP por HA. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro dietas y cuatro réplicas de cada una. Se realizó la caracterización físico-química (proteína, cenizas, acidez, fibra y humedad) y microbiológica (*Salmonella* spp.), de acuerdo con la Norma INEN 1767. La unidad experimental estuvo compuesta por 320 camarones (0,03 g en peso c/u) en etapa de postlarva (PL22) distribuidos en 16 peceras, adecuadas por un sistema de aireación (oxígeno disuelto $7,0 \pm 0,01$ mg·L⁻¹) y temperatura constante ($25 \pm 0,00$ °C), controlando la salinidad ($4,09 \pm 0,01$ UPS) y pH ($8,05 \pm 0,06$). Para el desarrollo larvario se determinaron los parámetros de desempeño de crecimiento: supervivencia (S), tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimenticia (EA) y tasa de eficiencia proteica (TEP). Para la caracterización físico-química del alimento se determinó la diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre las dietas, siendo el HA15 la más idónea. En la evaluación del desempeño de crecimiento no existió diferencia estadística ($p > 0,05$) entre las dietas, por lo tanto, la incorporación de HA en las formulaciones alimenticias con HP no influye en los factores de crecimiento de los camarones en la etapa de postlarva, siendo recomendable sustituir hasta el 30% de proteína animal por proteína vegetal.

Palabras clave: Amaranto; camarón; crecimiento; proteína vegetal.

Abstract

Was evaluated the nutritional quality of amaranth flour (*Amaranthus dubius*) (AF) as an alternative source of fishmeal protein (FP) in diets for low salinity shrimp *Penaeus vannamei*. for which a feeding test was performed for 28 days to examine the effects of partial substitution of 15, 20, 25 and 30% HP by HA. A completely random design (CRD) was applied with four diets and four replicas of each. Physicochemical characterization was performed (protein, ash, acidity, fiber, and moisture) microbiological (*Salmonella* spp.), in accordance with INEN 1767. The experimental unit was composed of 320 shrimps (0.03 g by weight c/u) in the postlarva stage (PL22) distributed in 16 fish tanks, suitable for an aeration system (dissolved oxygen 7.0 ± 0.01 mg·L⁻¹ and constant temperature (25 ± 0.00 °C), controlling salinity (4.09 ± 0.01 UPS) and pH (8.05 ± 0.06). For larval development, growth performance parameters were determined: survival (S), specific growth rate (TCE), feed conversion factor (FCA), feed efficiency (EA) and protein efficiency rate (TEP). For the physicochemical characterization of the feed, a significant statistical difference ($p < 0.05$) was determined between the diets, with AH15 being the most suitable. In the evaluation of growth performance, there was no statistical difference ($p > 0.05$) between diets, therefore, the incorporation of formulations with fishmeal does not influence the growth factors of shrimp in the postlarvae stage, being advisable to replace up to 30% of animal protein with vegetable protein.

Keywords: Amaranth; growth; shrimp; vegetable protein.



Introducción

Actualmente la producción acuícola mundial aporta alrededor del 53% para el consumo de pescado (FAO, 2018). Para la intensificación de la acuicultura los piensos utilizados provienen de la harina de pescado por la excelente calidad nutricional que esta aporta, siendo la composición proteica el aspecto más importante para tener en cuenta en la formulación de alimentos balanceados. La dependencia continua de estos recursos acuáticos finitos puede no soportar el crecimiento actual experimentado en la industria de la acuicultura; por tanto, el enfoque está orientado en incorporar fuentes alternativas de proteínas vegetales y animales no tradicionales en la sustitución parcial de dietas alimenticias, considerando que la proteína vegetal no puede reemplazar en su totalidad la harina de pescado debido a la presencia de polisacárido sin almidón (NSP), alto contenido de fibra, y limitado perfil de aminoácidos esenciales (Fawole et al., 2020). Las proteínas vegetales en alimentos acuícolas han presentado una serie de problemas derivados de los factores antinutricionales, digestibilidad reducida y problemas de palatabilidad (Soliman et al., 2017; Caimi et al., 2020).

En Ecuador desde el año 1994 hasta la actualidad las exportaciones de camarón han tenido un aporte significativo en la economía. Los alimentos balanceados para camarón en la legislación ecuatoriana están controlados bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1767 (INEN, 1990), estableciendo que deben reunir las características físico-químicas y organolépticas para ser considerado un alimento apto y fresco de acuerdo con la etapa de crecimiento y desarrollo nutricional; así mismo, dicha norma específica que el aporte de proteína del alimento para el camarón en etapa de postlarva requiere mínimo de 30%, en etapa de crecimiento de 25% y en etapa de engorde de 20%. Por lo tanto, evaluar alternativas vegetales permite explorar soluciones sostenibles que establezcan los mecanismos de conversión de fuentes proteicas no tradicionales, no reportadas en la literatura, y que aportarían a la nutrición del camarón *Penaeus vannamei*. Existen estudios del crecimiento larvario del camarón *P. vannamei* a bajas salinidades (Liang et al., 2008; Chen et al., 2015; Li et al., 2017) e inclusive se ha evaluado el efecto de cambios combinados de salinidad-temperatura (Bermudes-Lizárraga et al., 2017); sin embargo, pese a tener un amplio rango de tolerancia a la salinidad de 0,5 a 50‰ (Davis y Rouse, 2003; Saoud et al., 2015), el camarón presenta un crecimiento lento, baja inmunidad, alta susceptibilidad a patógenos y baja supervivencia, para reducir dichas condiciones, la dieta debe contener 30-36% de proteína, el 15-20% de carbohidratos, aminoácidos (glisina, alanina, prolina y taurina) y suplementos vitamínicos (Li et al., 2017).

El grano de amaranto tiene una excelente composición nutricional, es rico en macronutrientes (~ 12 a 22% de proteínas y ~ 6 a 13% de lípidos), fibra dietética (~ 9 a 14%), vitaminas, minerales

y otros compuestos fitoquímicos (polifenoles y fitoesteroles) (Venskutoniy y Kraujalis, 2013; Karama'ckarama'c et al., 2019; Grundy et al., 2020). En comparación con otras fuentes vegetales como los cereales, tiene un alto contenido de lisina y metionina, aminoácidos que son considerados como limitantes en muchas proteínas vegetales (Jackson et al., 1982); sin embargo, no hay información concreta sobre cómo el procesamiento del grano puede modificar la bioaccesibilidad y digestibilidad nutricional del amaranto (Grundy et al., 2020). Este trabajo evaluó el desempeño de crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* en etapa de postlarva al ser expuesto a dietas compuestas por proteína vegetal proveniente del amaranto para mitigar el uso de recursos marinos.

Metodología

Unidades experimentales

Se obtuvieron 320 camarones en etapa postlarva en el Laboratorio "Bio-larva" ubicado en la parroquia Los Esteros de la ciudad de Manta, Ecuador. Una vez que los camarones alcanzaron los 22 días de desarrollo larvario (PL22), con un peso inicial de 0,03 g, fueron transportados a la ciudad de Chone en bolsas plásticas aclimatadas para ser distribuidas en peceras. La alimentación se realizó al voleo, con una frecuencia de seis veces al día cada 4 horas por 28 días de estudio, cuya dosis fue calculada según su biomasa.

Adecuación de las peceras

Se utilizaron 16 peceras con dimensiones de 20 x 20 x 25 cm. Se proporcionó aeración constante utilizando bombas de aire (SB-108 SOBO) de potencia de 1 x 3 L·min⁻¹ adaptadas para cada pecera. Se realizó diariamente el recambio de agua con relación al 10% del volumen total. El oxígeno disuelto se midió con un oxímetro portátil (MW600 PRO Dissolved Oxygen Meter), para la temperatura se utilizó un termómetro digital (DR. METER), el pH se controló con un potenciómetro digital (PH METER 100) y la salinidad con un refractómetro (BK-PRS-BIO BASE). Los residuos del alimento y los camarones muertos se retiraron diariamente de las unidades experimentales mediante sifoneo con una manguera de 2 mm de diámetro.

Dietas alimenticias

Se formularon cuatro dietas alimenticias con sustitución del 15, 20, 25 y 30% de harina de pescado (HP) por harina de amaranto (HA), catalogándose como HA15, HA20, HA25, HA30. Para obtener el alimento balanceado, se conoció el valor nutricional proteico (tabla 1) que aportó cada ingrediente como fuente

directa o indirecta en dietas de camarones cultivados, todas las dietas contenían aproximadamente un 30% de proteína. Para la elaboración del alimento balanceado, se receptaron 3,2 kg de semillas de amaranto de AgroDiMeZa; las cuales fueron lavadas utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 5 minutos, se secaron naturalmente hasta alcanzar un 12% de humedad detectada en un medidor marca Dickey-John; las semillas se trituraron en un molino de disco marca Corona y se tamizó a un tamaño de partículas de 180 µm (malla N° 80). Posteriormente, se realizó la mezcla gradual de ingredientes conforme la formulación alimenticia (tabla 2), la mezcla base estuvo compuesta por harina de pescado, harina de semillas secas de amaranto, carne, plumas, aceites de calamar y pescado, mucílago de calamar (atractante), vitamina C y minerales, las cuales se mezclaron con agua (40 °C), se peletizó y envasó en fundas plásticas de polietileno a temperatura ambiente (25 °C).

Tabla 1. Composición nutricional de las materias primas.

Materias primas	Proteína (%)	Energía (cal·kg ⁻¹)	Índice mínimo (%)	Índice máximo (%)	Costo \$ (kq)
Harina de pescado	59,70	4,5	-	Sin límite	1,14
Harina de semillas de amaranto	12,98	3,91	10	20	0,12
Harina de plumas	52,96	3,23	2,5	10	0,66
Harina de carne	21,5	2,6	12	15	0,75
Aceite de calamar	15,6	3,37	0	20	0,5
Aceite de pescado	0	5,6	2	3	0,45
Mucílago de calamar	0	0	5	8	0,5
Vitamina C	0	0	0,2	2,5	0,5
Mezcla de minerales	0	0	0	0,50	0,5

Para la formulación de las cuatro dietas alimenticias se utilizó el complemento de Solver para programa de Microsoft Excel versión 2016, como se detalla en la tabla 2.

Caracterización nutricional y microbiológica

Para verificar que el alimento balanceado fuera idóneo para el consumo de los camarones en la etapa de postlarva se realizaron análisis nutricionales y microbiológicos de acuerdo con lo establecido en la norma INEN 1767 (tabla 3).

Parámetros de desempeño de crecimiento

Se evaluaron las siguientes variables:

Supervivencia:

$$S = \left[\frac{N^{\circ} \text{ final de camarones}}{N^{\circ} \text{ inicial de camarones}} \right] \times 100$$

Tabla 2. Formulación de las dietas experimentales con diferentes niveles de sustitución de proteína animal con vegetal harina de amaranto (HA).

Materias primas	HA5		HA20		HA25		HA30	
	kg	Proteína %	kg	Proteína %	kg	Proteína %	kg	Proteína %
Harina de pescado	50	30	45	27	40	24	35	21
Harina de semillas de amaranto	15	2	20	3	25	3	30	4
Harina de plumas	10	5	10	5	10	5	10	5
Harina de carne	12	3	12	3	12	3	12	3
Aceite de calamar	1	0	1	0	1	0	1	0
Aceite de pescado	2	0	2	0	2	0	2	0
Mucílago de calamar	5	0	5	0	5	0	5	0
Vitamina C	2,5	0	2,5	0	2,5	0	2,5	0
Mezcla de minerales	2,5	0	2,5	0	2,5	0	2,5	0
Total	100	40	100	37	100	35	100	33

Tabla 3. Métodos de ensayos para los análisis nutricionales y microbiológicos.

Requisitos	Unidad	Postlarva		Método de ensayo
		Mín.	Máximo	
Humedad	%	-	11	INEN-ISO 6496
Proteína cruda	%	30	-	INEN-ISO 5983-1
Fibra	%	-	4	INEN-ISO 6865
Cenizas	%	-	13	INEN-ISO 5984
Acidez	%	-	5	NTE INEN-ISO 3960
Salmonella spp.	-	-	Ausencia	NTE-INEN-ISO 1529-15

Abreviatura: Min= mínimo. Fuente: (INEN, 1990).

Tasa de crecimiento de específica (TCE):

$$TCE = \left[\frac{\log e \text{ peso corporal final} - \log e \text{ peso corporal inicial}}{\text{período de tiempo en días}} \right] \times 100$$

Factor de conversión de alimento (FCA):

$$FCA = \frac{\text{alimento ingerido}}{p \text{ eso ganado}}$$

Eficiencia alimenticia (EA):

$$EA = \frac{p \text{ eso ganado}}{\text{alimento ingerido}}$$

Tasa de eficiencia proteínica (TEP):

$$TEP = \frac{p \text{ eso ganado}}{\text{proteína consumida}}$$



Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro dietas por cuatuplicado, analizados mediante el programa SPSS versión 20, para evaluar el efecto de las formulaciones alimenticias en el desempeño de crecimiento del camarón y establecer el cumplimiento, que éstas presentaron, conforme a la norma NTE INEN 1767 (INEN, 1990).

Resultados

Calidad nutricional

El desarrollo de los camarones en la etapa de postlarva dependió de la composición bromatológica de la dieta alimenticia (tabla 4), los resultados fueron comparados con los requerimientos nutricionales establecidos por la norma INEN 1767 (tabla 3), de acuerdo con lo detallado en la tabla 4, todas las dietas cumplieron con los parámetros físico-químicos para ser incorporados en la alimentación del camarón *P. vannamei* en etapa de postlarva, por tanto, las dietas son independientes de los niveles de sustitución de 15, 20, 25, 30% de HP por HA.

Tabla 4. Valores promedios del alimento balanceado.

Parámetros (%)	Dietas				ANOVA Valor-p
	HA15	HA20	HA25	HA30	
Proteína	35±0,063a	32±0,065b	32±0,022b	31±0,067c	0,003
Acidez	2±0,05 ^a	4±0,05b	4±0,06b	5±0,06b	0,003
Cenizas	12±0,072 ^a	12±0,043b	13±0,035c	13±0,024c	0,003
Fibra	3±0,037a	4±0,026b	4±0,013b	4±0,029c	0,000
Humedad	11±0,03a	11±0,02b	11±0,02c	11±0,02d	0,000

^aLas medias en la misma fila con letras diferentes como superíndices son significativamente diferentes (p<0,05)

Para el control de los parámetros microbiológicos se realizó la determinación de *Salmonella* spp.; de acuerdo con la norma INEN 1767, las cuatro dietas presentaron AUSENCIA de *Salmonella* spp. (tabla 5).

Tabla 5. Análisis microbiológico de las dietas.

Dietas	<i>Salmonella</i>
HA15	AUSENCIA
HA20	AUSENCIA
HA25	AUSENCIA
HA30	AUSENCIA

Desempeño de crecimiento

De acuerdo con la tabla 6, el porcentaje de supervivencia (%S), fue representativo en los niveles de sustitución de HP por HA (85-95%). La tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA) del camarón *P. vannamei* aumentaron progresivamente, esto debido a la ganancia de peso en gramos de la unidad experimental. Sin embargo, conforme con los resultados presentados para cada dieta, los niveles de inclusión de HA no evidenciaron influencia significativa (p<0,05) para los parámetros S, FCA, EA Y TEP; por tanto, no existió diferencia en las dietas de 15, 20 25 y 30% de proteína vegetal en los factores de crecimiento durante los 28 días de evaluación. Durante el experimento la temperatura del agua se mantuvo constante a 25±0,00 °C, el pH de 8,05±0,06, salinidad de 4,09±0,01 UPS, con oxigenación de 7,0 ±0,01 mg·L⁻¹.

Tabla 6. Parámetros de desempeño de crecimiento del camarón *Penaeus vannamei* alimentados con dietas experimentales durante 28 días.

Parámetros	Dietas				Valor-p
	HA15	HA20	HA25	HA30	
PF	1,44±0,99	1,32±0,87	1,22±0,75	1,14±0,70	
PG	1,42±0,97	1,29±0,87	1,19±0,75	1,11±0,70	
S	90±4,08 ^a	86±8,54	79±8,54	77±10,41	0,151
TCE	53± 10,53	52±10,20	51±9,79	50±9,47	0,978
FCA	3,23 ± 1,59	3,53±1,72	3,80±1,94	4,08±2,11	0,599
EA	0,38 ± 0,21	0,36±0,21	0,34±0,20	0,32±0,20	0,642
TEP	1,10 ± 0,59	1,10±0,63	1,04±0,61	1,03± 0,64	0,715

Abreviaturas: PF= peso final (g), PG= peso ganado (g), S= supervivencia (%), TCE= tasa de crecimiento específico (%), FCA= factor de conversión alimenticia, EA= eficiencia alimenticia, TEP= tasa de eficiencia proteica.

Discusión

El Manual de Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados (FAO, 1989) indicó que el régimen de alimentación para camarones está comprometido bajo cinco diferentes grupos de nutrientes: proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. La proteína es el componente esencial en la dieta del camarón, debido a que forma parte del tejido muscular y órganos internos, además de ser fuente energética.

Según lo establece la Norma INEN 1767 los alimentos para camarones en etapa de postlarva deben contener mínimo de 30% de proteína, como se muestra en la tabla 4 todas las dietas están dentro del rango requerido (≥30%), siendo HA15 la que presenta mayor porcentaje para la formación, mantenimiento de tejidos y suplementos de energías en dietas para camarón. La sustitución del 20 y 30% de harina de pescado por ingredientes vegetales en cultivos de camarón *P. vannamei*, muestran potencial en los perfiles de nutrientes y el contenido de proteínas (Malcorps et al., 2019). harina de pescado, pero no convertirla en un ingrediente proteico alternativo (Ngugi et al., 2017).

Con respecto al resto de parámetros nutricionales fueron considerados como requisitos de calidad del alimento balanceado. Estudios en los que utilizaron harina de altramuz (Molina-Poveda et al., 2013), hojas de amaranto (Ngugi et al., 2017) y harina de soya, harina de soya fermentada y harina de sésamo (Bae et al., 2020) como sustituyentes parciales de proteínas animales, no realizaron análisis de acidez; pero conforme a lo indicado en la normativa INEN 1767, fue un parámetro de evaluación; encontrándose todas las dietas dentro del límite establecido (máximo 5%).

Los ingredientes de origen vegetal tienen un alto contenido de cenizas a diferencia de la harina de origen animal o marina, lo que afecta al coeficiente de digestibilidad aparente, HA15 presentó un porcentaje ($11,84 \pm 0,072\%$) menor al establecido por la normativa ($\leq 13\%$). Niveles altos de fibra redujeron la estabilidad, digestibilidad y eficiencia de las enzimas digestivas de los alimentos en el agua (Akiyama et al., 1992) al reducir la cantidad de fibra aumentó la disponibilidad de absorción del resto de nutrientes, HA15 fue la formulación que presentó menor porcentaje ($3,44 \pm 0,037\%$) en dicha evaluación.

Durante el balanceo de la ración, es fundamental vigilar la humedad del alimento preparado, debido a que niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos y por encima de 14% existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias (FAO, 1991); la norma INEN 1767 indica que el nivel máximo de humedad que debe presentar el alimento para camarones es de 11%, siendo, HA15 ($10,91 \pm 0,03$) y HA20 ($10,83 \pm 0,02$) las dietas que cumplieron con dicho requerimiento. Las dietas HA25 y HA30 presentaron valores de humedad ligeramente por encima de lo exigido por la norma INEN, pero fueron aceptables. El resultado microbiológico respecto a la ausencia de *Salmonella*. establece, que el alimento balanceado fue de consumo seguro para los camarones en etapa de postlarva. Los parámetros físico-químicos del agua fueron monitoreados diariamente, no existiendo variación en el tiempo de experimentación.

Las formulaciones alimenticias preparadas fueron aceptadas por los camarones, conforme la supervivencia (77 a 90%) evidenciada en la tabla 6. Se ha investigado la inclusión de concentrado de proteínas de hojas de amaranto (Ngugi et al., 2017), mostrando una supervivencia comparable (74 a 77%) independientemente de los niveles de sustitución, de igual manera, dietas formuladas con harina de soya (Fuertes et al., 2012) no tuvieron efectos significativos sobre la supervivencia (75,09%). El FCA no demostró diferencias significativas (4,08 a 3,23) demostraron que cuando la dieta esta equilibrada en energía digestible y proteína en base a los nutrientes necesarios de la especie, los camarones *P. vannamei* pueden criarse sin afectar su rendimiento de crecimiento (Venero, 2006).

La tasa de crecimiento específico (TCE) en las cuatro formulaciones, se debió al porcentaje de proteína de amaranto, presencia de aminoácidos esenciales, ácido gamma linólico, pigmentos, fibra dietética además de cantidades variables de vitaminas (Shukla y Singh, 2003; Karama'ckarama'c et al., 2019). La presencia de factores antinutricionales como fitatos, oxalatos, saponinas y taninos incideó en la disminución de

EA y TEP; durante la ingesta del alimento balanceado, los compuestos antinutricionales permanecieron unidos a ciertas proteínas, haciendolas inaccesibles para las enzimas digestivas, reduciendo la digestibilidad de las proteínas e interfiriendo con su biodisponibilidad (Francis et al., 2001; Ngugi et al., 2017). Los valores de TEP fueron menores a dos (tabla 6), lo que indicó una baja utilización de proteínas (Ngugi et al., 2017). La fermentación de los ingredientes vegetales, pueden reducir parcialmente factores antinutricionales y mejorar la digestibilidad de aminoácidos, a través de la acción de compuestos probióticos (Jannathulla et al., 2018). En la actualidad existe poca información sobre el efecto de las condiciones climáticas y el procesamiento del grano de amaranto en la composición de la digestibilidad de nutrientes (Grundy et al., 2020).

Conclusiones

El presente estudio evidenció que la HA puede reemplazar hasta el 30% de HP en la dieta para camarones en etapa de postlarva (PL22).

De acuerdo con los resultados obtenidos ninguno de los parámetros evaluados para el desempeño de crecimiento de los camarones *P. vannamei* se vieron significativamente ($p > 0,05$) afectados por la inclusión de la HA, al no presentarse diferencias significativas entre las dietas experimentales se puede recomendar aumentar el porcentaje de sustitución de la HA en otros estudios.

Los alimentos formulados con 15, 20, 25, 30% de HA cumplieron con las características nutricionales y microbiológicas establecidas en la Norma INEN 1767, siendo HA15 el tratamiento más idóneo de acuerdo con el diseño estadístico en DCA.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Abdalla, M. M. F., Abd El-Wahab, M. M. H., Abdel-Lattif, H. Akiyama, D. M., Dominy, W. G. and Lawrence, A. L. Penaeid Shrimp Nutrition. In: *Marine Shrimp Culture*. pp. 535-568. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-88606-4.50031-x>
- Bae, J., Hamidoghli, A., Djaballah, M. S., Maamri, S., Hamdi, A., Souffi, I., ... Bai, S. C. (2020). Effects of three different dietary plant protein sources as fishmeal replacers in juvenile whiteleg shrimp, Lito *Penaeus vannamei*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s41240-020-0148-x>
- Bermudes-Lizárraga, F. J., Nieves-Soto, M., Medina-Jasso, A., Román-Reyes, J. C., Flores-Campaña, L. M., Ortega-Salas, A. A. and Piña-Valdez, P. (2017). La salinidad y la temperatura son las variables más influyentes en el metabolismo, desarrollo y crecimiento de larvas. 52. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572017000300016>



- Caimi, C., Renna, M., Lussiana, C., Bonaldo, A., Gariglio, M., Meneguz, M., ... Gasco, L. (2020). First insights on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal dietary administration in *Siberian sturgeon* (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. *Aquaculture*, 515, 734539. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734539>
- Chen, K., Li, E., Xu, C., Wang, X., Lin, H., Qin, J. G. and Chen, L. (2015). Evaluation of different lipid sources in diet of pacific white shrimp *Lito Penaeus vannamei* at low salinity. *Aquaculture Reports*, 2, 163-168. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.10.003>
- FAO. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. <http://www.fao.org/3/ab492s/AB492S00.htm#TOC>
- FAO. (1991). El estado mundial de la agricultura y la alimentación, 1991.
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Fisheries and Aquaculture Department website: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/en/>
- Fawole, F. J., Adeoye, A. A., Tiamiyu, L. O., Ajala, K. I., Obadara, S. O., and Ganiyu, I. O. (2020). Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture*, 518, 734-849. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734849>
- Francis, G., Makkar, H. P. S. and Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, pp. 197-227. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)
- Fuertes, J. B., Celada, J. D., Carral, J. M., Sáez-Royuela, M. and González-Rodríguez, Á. (2012). Effects of dietary protein and different levels of replacement of fish meal by soybean meal in practical diets for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae) from the onset of exogenous feeding. *Aquaculture*, 364-365, 338-344. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.050>
- Grundy, M. M. L., Momanyi, D. K., Holland, C., Kawaka, F., Tan, S., Salim, M., ... Owino, W. O. (2020). Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *Journal of Functional Foods*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104065>
- INEN. (1990). NTE INEN 1767: Alimentos zootécnicos compuestos para camarones. Requisitos: Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) : Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive. Retrieved October 23, 2020, from NTE INEN 1767: Alimentos zootécnicos compuestos para camarones. Requisitos website: <https://archive.org/details/ec.nte.1767.1990>
- Jackson, A. J., Capper, B. S. and Matty, A. J. (1982). Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus*. *Aquaculture*, 27(2), 97-109. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(82\)90129-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(82)90129-6)
- Jannathulla, R., Dayal, J. S., Vasanthakumar, D., Ambasankar, K. and Muralidhar, M. (2018). Effect of fungal fermentation on apparent digestibility coefficient for dry matter, crude protein and amino acids of various plant protein sources in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 24(4), 1318-1329. <https://doi.org/10.1111/anu.12669>
- Karama'ckarama'c, M., Gai, F., Longato, E., Meineri, G., Janiak, M. A., Amarowicz, R. and Peiretti, P. G. (2019). Antioxidant activity and phenolic composition of Amaranth (*Amaranthus caudatus*) during plant growth. *Antioxidants*, 8(6), 173. <https://doi.org/10.3390/antiox8060173>
- Li, E., Wang, X., Chen, K., Xu, C., Qin, J. G. and Chen, L. (2017). Physiological change and nutritional requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at low salinity. *Reviews in Aquaculture*, 9, pp. 57-75. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Liang, M., Wang, S., Wang, J., Chang, Q. and Mai, K. (2008). Comparison of flavor components in shrimp *Litopenaeus vannamei* cultured in sea water and low salinity water. *Fisheries Science*, 74(5), 1173-1179. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2008.01637.x>
- Malcorps, W., Kok, B., Van't Land, M., Fritz, M., Van Doren, D., Servin, K., ... Davies, S. J. (2019). The Sustainability Conundrum of fishmeal substitution by plant ingredients in shrimp feeds. 11. <https://doi.org/10.3390/su11041212>
- Molina-Poveda, C., Lucas, M. and Jover, M. (2013). Evaluation of the potential of Andean lupin meal (*Lupinus mutabilis* Sweet) as an alternative to fish meal in juvenile *Litopenaeus vannamei* diets. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.06.007>
- Moniruzzaman, M., Bae, J. H., Won, S. H., Cho, S. J., Chang, K. H. and Bai, S. C. (2018). Evaluation of solid-state fermented protein concentrates as a fish meal replacer in

- the diets of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, 24(4), 1198-1212. <https://doi.org/10.1111/anu.12658>
- Ngugi, C. C., Oyoo-Okoth, E., Manyala, J. O., Fitzsimmons, K. and Kimotho, A. (2017). Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds. *Aquaculture Reports*, 5, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.003>
- Saoud, I. P., Davis, D. A. and Rouse, D. B. (2003). Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, 217(1-4), 373-383. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00418-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00418-0)
- Shukla, S. and Singh, S. P. (2003). Correlation and path analysis in grain amaranth (*Amaranthus* spp.). *J. Genet*, 63. Retrieved from www.IndianJournals.com
- Soliman, N. F., Yacout, D. M. M. and Hassaan, M. A. (2017). Responsible fishmeal consumption and alternatives in the face of climate changes. *International Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.5376/ijms.2017.07.0015>
- Venero, J. A. (2006). Optimization of dietary nutrient inputs for Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Retrieved from <https://etd.auburn.edu/handle/10415/407>
- Venskutonis, P. R., and Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science And Food Safety*, 381-412. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Luisa Ana Zambrano Mendoza	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Adriana Lilibeth Párraga Vergara	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Vicky Yuliana Parrales Chávez	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Fátima Graciela Arteaga Chávez	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Francisco Manuel Demera Lucas	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.
Carlos Julio Tubay Bermúdez	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.





Incidencia de ácaros en la pudrición de la vaina en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.)

Incidence of mites in the pod rot in two varieties of rice (*Oryza sativa* L.)

Autores

✉ ¹*Christian Alejandro Durán Mera

✉ ¹María Leticia Vivas Vivas

✉ ²Victor Hugo Rivera Pizarro

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador.

²Instituto Tecnológico Superior Ciudad de Valencia. Quevedo, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Durán Mera, C. A., Vivas Vivas, M. L. y Rivera Pizarro, V. H. (2021). Incidencia de ácaros en la pudrición de la vaina en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). *La Técnica*, 11(1), 8-14. DOI: <https://doi.org/10.33936/latécnica.v0i25.1287>

Recibido: Octubre 09, 2020

Aceptado: Diciembre 09, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

La pudrición de la vaina causada por *Sarocladium oryzae*, es una enfermedad que afecta al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), se relaciona con la presencia del ácaro *Steneotarsonemus spinki* y aplicaciones excesivas de nitrógeno ya que en cantidades elevadas atrae al ácaro. El objetivo fue determinar la población de ácaros en dos variedades de arroz bajo la incidencia de la pudrición de la vaina, fertilización nitrogenada más la aplicación con y sin acaricida más rendimiento. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos variedades de arroz, tres dosis de nitrógeno y dos aplicaciones de acaricida lo que totalizó 12 tratamientos con tres repeticiones para un total de 36 parcelas evaluadas. Las variables fueron números de ácaros tetraníquidos, predadores y tarsonémidos, porcentajes de espigas afectadas y rendimiento kg·ha⁻¹. Los resultados demostraron que la mayor cantidad de ácaros encontrados fueron 124 predadores en tres evaluaciones realizadas, el porcentaje de espigas afectadas 12% y los rendimientos superaron los 2500 kg·ha⁻¹, además no se pudo relacionar la presencia de la enfermedad con el ácaro *S. spinki* debido a que solo se encontró un individuo.

Palabras clave: *Sarocladium oryzae*; *Steneotarsonemus spinki*; rendimiento.

Abstract

Pod rot caused by *Sarocladium oryzae* is a disease that affects rice cultivation (*Oryza sativa* L.), it is related with the presence of the *Steneotarsonemus spinki* mite and excessive applications of nitrogen since in high quantities it attracts the mite. The objective was to determine the mite population in two varieties of rice under the incidence of pod rot, nitrogen fertilization plus application with and without acaricide, plus yield. A divided plot design was used with two varieties of rice, three doses of nitrogen and two applications of acaricide, which totaled 12 treatments with three repetitions for a total of 36 plots evaluated. The variables were numbers of tetranychids, predators and tarsonemids, percentages of spikes affected and yield kg·ha⁻¹. The results showed that the highest number of mites found were 124 predators in three evaluations carried out, the percentage of spikes affected 12% and yields exceeded 2500 kg·ha⁻¹, in addition, the presence of the disease could not be related to the *S. spinki* mite due to because only one individual was found.

Keywords: *Sarocladium oryzae*; *Steneotarsonemus spinki*; performance.

Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es una gramínea de gran importancia en la dieta humana como fuente de carbohidratos, constituye el principal alimento en muchos países asiáticos y en algunos de Sudamérica. En el Ecuador el consumo promedio de un ecuatoriano de este cereal es entre 4300 y 4500 kg (Sanchez et al., 2020).

El rendimiento nacional del cultivo de arroz en cáscara (20% de humedad, 5% de impureza) para el año 2019 fue de 5,78 t·ha⁻¹; comparado con el año 2018, hubo un incremento del 4%, esto debido a un mejor manejo de las plagas y enfermedades y a un aumento en los niveles de fertilización (MAG, 2019).

Este cultivo es afectado por un gran número de problemas bióticos y abióticos que influyen en la manifestación plena de su potencial genético productivo. Entre los problemas bióticos, las enfermedades constituyen una de las principales limitantes de la producción, una de ellas es la pudrición de la vaina causada por el hongo *Sarocladium oryzae* Sawada relacionada con el ácaro *Steneotarsonemus spinki* (Vivas e Intriago, 2012).

Se ha logrado determinar que *S. spinki* y el hongo *S. oryzae* son agentes asociados a la explosión endémica del síntoma de vaneado de la panícula y la pudrición de la vaina del arroz, con pérdidas de los rendimientos por un incremento de granos vanos de 15 a 20% de la producción (Almaguel, 2003).

Se ha evidenciado que el ácaro *S. spinki* es un problema dominante, debido a que la alimentación del mismo sobre la vaina y los granos del cultivo de arroz que provoca incrementos en la incidencia de la pudrición de la vaina y el tizón de la panícula, al favorecer su entrada a la planta (OIRSA, 2017).

Uno de los problemas más importantes que inciden en la identificación de los síntomas de *S. spinki* es su asociación con el hongo *S. oryzae* y la bacteria *Burkholderia glumae*. La asociación del ácaro con el hongo acentúa la pudrición de las vainas y se reportan como responsables por la alta esterilidad de las panículas, por lo que causa grandes pérdidas en los rendimientos (OIRSA, 2017).

En estas últimas décadas se han realizado estudios sobre esta enfermedad que ha estado afines a varios factores, Camargo et al. (2012) indicaron que este ácaro estuvo asociado al hongo *S. oryzae*, registró su presencia en el 2003 en zonas arroceras de Panamá, presentando síntomas como: vaneamiento, manchado y deformación del grano en forma de “pico de loro”, la aparición de este fitófago se vió favorecida por las precipitaciones elevándose así la humedad relativa del aire y beneficiando su presencia.

Reyes (2005) señaló que en Colombia se han identificado diferentes tarsonémidos el más importante fue *S. spinki* que ocasionó daños directos al alimentarse de la planta y daños

indirectos, por lo que este ácaro tuvo una estrecha relación con el hongo *S. oryzae* ya que transporta sobre su cuerpo, las estructuras reproductivas del hongo y al ocasionar la ruptura del tejido vegetal las inocula produciéndose la enfermedad. Además, Altieri y Nicholl (2008) señalaron que el incremento del número de ácaros tarsonémidos se debió al índice en las tasas de fertilización con nitrógeno. En Ecuador no se ha comprobado la relación con este elemento.

Una fertilización nitrogenada aplicada en dosis y fraccionamiento que estén acorde con los rendimientos que se van a alcanzar induce la producción de aminoácidos, enzimas y otros metabolitos, esto hace que se favorezca la alimentación de plagas y el crecimiento de sus poblaciones (Lezaun, 2020).

Debido a que las plagas y enfermedades pueden ocasionar daños severos en una plantación de arroz, es importante, que el productor sepa identificar y efectúe monitoreos frecuentes en sus plantaciones para detectar los síntomas iniciales de la presencia de plagas y enfermedades, para posteriormente proceder a tomar medidas de control o prevención. El objetivo de la investigación fue determinar la población de ácaros en dos variedades de arroz bajo la incidencia de la pudrición de la vaina, fertilización nitrogenada más la aplicación con y sin acaricida y el rendimiento en cada uno de los tratamientos en estudio.

Metodología

La investigación se desarrolló durante los meses de mayo a octubre de 2009 en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental del Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero Pareja”, ubicado a 26 km al este de la ciudad de Guayaquil, en la vía Durán a Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas. Sus coordenadas son 2°15'15" S y 73°38'40" O, ubicada a 17 msnm.

La siembra de arroz se realizó en campos experimentales ubicados en la parroquia Virgen de Fátima (Provincia del Guayas); se utilizó semilla pregerminada, trasplantadas a los 18 días con un distanciamiento de siembra de 0,30 m entre hilera y 0,20 m entre plantas.

Para tener una relación del ácaro con fertilizantes en la tercera y octava semana después del trasplante se efectuó la fertilización nitrogenada, se utilizó urea en dosis de 0, 80 y 160 kg·ha⁻¹. Además, entre los 60 y 75 días después del trasplante en los tratamientos correspondientes con acaricida y sin acaricida.

El aislamiento e identificación del agente causal de la pudrición de la vaina y ácaros, se efectuó en los laboratorios del Departamento Nacional de Protección Vegetal Secciones Fitopatología y Entomología de ésta Estación Experimental. Para la presencia de ácaros se recolectaron tres espigas por tratamiento a los 65, 80 y 95 días después del trasplante. Estas espigas fueron colocadas en frascos plásticos que contenían alcohol al 70%, luego pasaron

por un tamiz y posteriormente en cajas de petri para su debido conteo en el estereomicroscopio marca Olympus, donde los ácaros se identificaron como tarsonémidos, tetraníquidos y predadores por ser los más comunes, se contó el número de estos individuos presentes en cada uno de los tratamientos y con la ayuda del texto guía de Iraola (1996). Cada evaluación estuvo integrada por tres repeticiones más donde se registró la población de cada individuo obteniendo un número total por tratamiento.

Para determinar el porcentaje de espigas afectadas por el patógeno, después de la cosecha se tomaron 100 espigas al azar por réplica. En la evaluación de las espigas afectadas se utilizó una escala de daño para *S. oryzae* de seis grados propuesta por el IRRI (2002) la cual se muestra en la tabla 1, donde:

Tabla 1. Escala de la pudrición de la vaina del arroz.

Grados	Síntomas
0	Ningún síntoma
1	Menos del 1% de lesiones en la hoja bandera
3	1 a 5% de lesiones en la hoja bandera
5	6 a 25% de lesiones en la hoja bandera
7	26 a 50% de lesiones en la hoja bandera
9	51 a 100% de lesiones en la hoja bandera

Fuente: IRRI (2002).

Por otra parte, para el rendimiento se cosechó el arroz dentro del área útil (3 m²) de cada tratamiento, registrándose la biomasa y expresándose en kg·tratamiento⁻¹, se ajustó al 14% de humedad para obtener el rendimiento en kilogramo por hectárea (kg·ha⁻¹), utilizándose la siguiente fórmula:

$$P A = \frac{(100 - HI) \times P M}{100 - H D}$$

Dónde:

PA = biomasa ajustada.

HI = humedad inicial.

PM = biomasa de la muestra.

HD = humedad deseada.

En esta investigación los tratamientos analizados fueron dos variedades de arroz, tres niveles de nitrógeno (urea) y dos aplicaciones de acaricida utilizándose un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con arreglo factorial 2 x 3 x 2 equivalente a 12 tratamientos y tres réplicas como se evidencia en la tabla 2. Para la comparación de las medias se utilizó la prueba de rangos múltiple de Duncan, p=0.05 de probabilidad, y se utilizó el software estadístico infoStat.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos estudiados.

No.	Tratamientos		
1.	INIAP - 14	con acaricida	0 kg·ha ⁻¹
2.	INIAP - 14	sin acaricida	0 kg·ha ⁻¹
3.	INIAP - 14	con acaricida	80 kg·ha ⁻¹
4.	INIAP - 14	sin acaricida	80 kg·ha ⁻¹
5.	INIAP - 14	con acaricida	160 kg·ha ⁻¹
6.	INIAP - 14	sin acaricida	160 kg·ha ⁻¹
7.	INIAP - 16	con acaricida	0 kg·ha ⁻¹
8.	INIAP - 16	sin acaricida	0 kg·ha ⁻¹
9.	INIAP - 16	con acaricida	80 kg·ha ⁻¹
10.	INIAP - 16	sin acaricida	80 kg·ha ⁻¹
11.	INIAP - 16	con acaricida	160 kg·ha ⁻¹
12.	INIAP - 16	sin acaricida	160 kg·ha ⁻¹

Resultados

Números de ácaros

En la tabla 3 se presenta el número de ácaros tetraníquidos durante el estudio, se observó que el tratamiento 10 (INIAP-16, sin acaricida, 80 kg·ha⁻¹) obtuvo el mayor número de estos ácaros en las tres evaluaciones realizadas y el tratamiento 3 (INIAP-14, con acaricida, 80 kg·ha⁻¹) registro la menor población.

En la tabla 4 se muestra el número de ácaros predadores encontrados, al igual que en la tabla 3 se obtuvo el total de individuos en cada una de las tres repeticiones por evaluación en la cual se visualizó que el tratamiento 4 (INIAP-14, sin acaricida, 80 kg·ha⁻¹) tuvo la mayor población con 18 ácaros predadores, mientras que fue el tratamiento 2 (INIAP-14, sin acaricida, 0 kg·ha⁻¹) registró la menor población con seis individuos.

En lo que respecta a la presencia de ácaros tarsonémidos solamente se observó un individuo que fue en la segunda evaluación del tratamiento 8 (INIAP-16, sin acaricida, 0 kg·ha⁻¹). En la primera y tercera evaluación no se observaron ácaros de esta familia como se muestra en la tabla 5.

Porcentaje de espigas afectadas

En la tabla 6 se observan los porcentajes de espigas afectadas por el agente patógeno. Los tratamientos con porcentajes altos fueron el 4 (INIAP-14, sin acaricida, 80 kg·ha⁻¹) y 7 (INIAP-16, con acaricida, 0 kg·ha⁻¹) que superaron el 12% de espigas afectadas. Por otra parte, los tratamientos con menor porcentaje de espigas con síntomas de la enfermedad fueron el 1 (INIAP-14, con acaricida, 0 kg·ha⁻¹), 3 (INIAP-14, con acaricida, 80 kg·ha⁻¹) y 12 (INIAP-16, sin acaricida, 160 kg·ha⁻¹) cuyos promedios fueron inferiores al 10%. En todos los tratamientos estuvieron en un nivel de 5 según la escala de severidad de pudrición de la vaina, planteada por el IRRI (2002).

Rendimiento (kg·ha⁻¹)

En la tabla 7 se observa el rendimiento promedio de cada uno de los tratamientos estudiados. La mayoría de ellos superaron los 2500 kg·ha⁻¹; el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento

Tabla 3. Números de ácaros tetraníquidos durante el estudio.

No.	Tratamientos	Evaluaciones			Total
		1era. 65 días	2da. 80 días	3era 95 días	
1	INIAP-14, con acaricida, 0 kg·ha ⁻¹	3,00	0,00	0,00	3,00 b
2	INIAP-14, sin acaricida, 0 kg·ha ⁻¹	2,00	2,00	1,00	5,00 c
3	INIAP-14, con acaricida, 80 kg·ha ⁻¹	1,00	0,00	0,00	1,00 a
4	INIAP-14, sin acaricida, 80 kg·ha ⁻¹	2,00	2,00	0,00	4,00 bc
5	INIAP-14, con acaricida, 160 kg·ha ⁻¹	0,00	4,00	3,00	7,00 d
6	INIAP-14, sin acaricida, 160 kg·ha ⁻¹	2,00	0,00	4,00	6,00 d
7	INIAP-16, con acaricida, 0 kg·ha ⁻¹	1,00	3,00	0,00	4,00 bc
8	INIAP-16, sin acaricida, 0 kg·ha ⁻¹	1,00	5,00	1,00	7,00 d
9	INIAP-16, con acaricida, 80 kg·ha ⁻¹	2,00	1,00	0,00	3,00 b
10	INIAP-16, sin acaricida, 80 kg·ha ⁻¹	4,00	4,00	4,00	12,00 g
11	INIAP-16, con acaricida, 160 kg·ha ⁻¹	0,00	8,00	1,00	9,00 e
12	INIAP-16, sin acaricida, 160 kg·ha ⁻¹	2,00	6,00	2,00	10,00 f
C.V.					10,59 %
p-valor ADEVA					<0,0001**

NS No significativo al 5% de probabilidades del error.

* Significativo al 5% de probabilidades de error.

** Altamente significativo al 5% de probabilidades de error.

Medias dentro de columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo al test de Duncan al 5% de probabilidades de error.

Tabla 4. Números de ácaros predadores durante el estudio.

No.	Tratamientos	Evaluaciones			Total
		1era. 65 días	2da. 80 días	3era 95 días	
1	INIAP-14, con acaricida, 0 kg ha ⁻¹	3,00	4,00	3,00	10,00 c
2	INIAP-14, sin acaricida, 0 kg ha ⁻¹	1,00	2,00	3,00	6,00 a
3	INIAP-14, con acaricida, 80 kg ha ⁻¹	2,00	2,00	8,00	12,00 e
4	INIAP-14, sin acaricida, 80 kg ha ⁻¹	3,00	3,00	12,00	18,00 f
5	INIAP-14, con acaricida, 160 kg ha ⁻¹	1,00	2,00	7,00	10,00 c
6	INIAP-14, sin acaricida, 160 kg ha ⁻¹	2,00	2,00	6,00	10,00 c
7	INIAP-16, con acaricida, 0 kg ha ⁻¹	2,00	5,00	4,00	11,00 d
8	INIAP-16, sin acaricida, 0 kg ha ⁻¹	2,00	3,00	5,00	10,00 c
9	INIAP-16, con acaricida, 80 kg ha ⁻¹	2,00	4,00	2,00	8,00 b
10	INIAP-16, sin acaricida, 80 kg ha ⁻¹	3,00	4,00	1,00	8,00 b
11	INIAP-16, con acaricida, 160 kg ha ⁻¹	1,00	9,00	2,00	12,00 e
12	INIAP-16, sin acaricida, 160 kg ha ⁻¹	1,00	7,00	1,00	9,00 b
C.V.					4,17 %
p-valor ADEVA					<0,0001**

NS No significativo al 5% de probabilidades del error.

* Significativo al 5% de probabilidades de error.

** Altamente significativo al 5% de probabilidades de error.

Medias dentro de columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo al test de Duncan al 5% de probabilidades de error.

4 (INIAP-14, sin acaricida, 80 kg·ha⁻¹) con 3260 kg·ha⁻¹ seguido de los tratamientos 6 (INIAP-14, sin acaricida, 160 kg·ha⁻¹) y 11 (INIAP-16, con acaricida, 160 kg·ha⁻¹) con 3126,67 y 3106,67 kg·ha⁻¹, respectivamente.



Incidencia de ácaros en la pudrición de vaina en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.)**Tabla 5.** Números de ácaros tarsonémidos durante el estudio.

No.	Tratamientos	Evaluaciones			
		1era. 65 días	2da. 80 días	3era 95 días	Total
1	INIAP-14 con acaricida 0 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
2	INIAP-14 sin acaricida 0 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
3	INIAP-14 con acaricida 80 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
4	INIAP-14 sin acaricida 80 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
5	INIAP-14 con acaricida 160 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
6	INIAP-14 sin acaricida 160 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
7	INIAP-16 con acaricida 0 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
8	INIAP-16 sin acaricida 0 kg·ha ⁻¹	0,00	1,00	0,00	1,00 b
9	INIAP-16 con acaricida 80 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
10	INIAP-16 sin acaricida 80 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
11	INIAP-16 con acaricida 160 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
12	INIAP-16 sin acaricida 160 kg·ha ⁻¹	0,00	0,00	0,00	0,00 a
C.V.					300,00 %
p-valor ADEVA					<0,0099**

NS No significativo al 5% de probabilidades del error.

* Significativo al 5% de probabilidades de error.

** Altamente significativo al 5% de probabilidades de error.

Medias dentro de columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo al test de Duncan al 5% de probabilidades de error.

Discusión

La presencia de ácaros predadores fue mayor con respecto a los tetraníquidos y tarsonémidos. Estudios realizados por Ramos & Rodríguez (2001), indican que los depredadores tienen una buena presencia en el agro ecosistema de arroz y que se requieren estudios complementarios para determinar su efecto en el manejo de *S. spinki*.

La población de ácaros tetraníquidos fue superior a los tarsonémidos; Barcellos et al. (1979) mencionaron que el ácaro

Tabla 6. Porcentajes de espigas afectadas por pudrición de la vaina.

No.	Tratamientos	Evaluaciones			
		1era. 65 días	2da. 80 días	3era 95 días	Total
1	INIAP-14 con acaricida 0 kg·ha ⁻¹	10,48	7,41	10,62	9,50 c
2	INIAP-14 sin acaricida 0 kg·ha ⁻¹	11,33	10,17	9,57	10,36 d
3	INIAP-14 con acaricida 80 kg·ha ⁻¹	9,12	8,93	8,38	8,81 a
4	INIAP-14 sin acaricida 80 kg·ha ⁻¹	16,04	14,80	7,92	12,92 i
5	INIAP-14 con acaricida 160 kg·ha ⁻¹	9,22	11,70	13,12	11,35 g
6	INIAP-14 sin acaricida 160 kg·ha ⁻¹	5,59	13,23	14,04	10,95 f
7	INIAP-16 con acaricida 0 kg·ha ⁻¹	11,72	13,15	11,51	12,13 h
8	INIAP-16 sin acaricida 0 kg·ha ⁻¹	11,50	10,79	9,39	10,56 e
9	INIAP-16 con acaricida 80 kg·ha ⁻¹	14,70	8,60	10,53	11,28 g
10	INIAP-16 sin acaricida 80 kg·ha ⁻¹	13,89	9,18	7,89	10,32 d
11	INIAP-16 con acaricida 160 kg·ha ⁻¹	10,72	14,74	10,55	12,00 h
12	INIAP-16 sin acaricida 160 kg·ha ⁻¹	6,98	10,35	10,32	9,22 b
C.V.					0,68 %
p-valor ADEVA					<0,0001**

NS No significativo al 5% de probabilidades del error.

* Significativo al 5% de probabilidades de error.

** Altamente significativo al 5% de probabilidades de error.

Medias dentro de columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo al test de Duncan al 5% de probabilidades de error.

tetraníquido *Schizotetranychus oryzae* se presentó en periodos secos e infectaron las plantaciones de arroz especialmente entre los 70 a 90 días después de la siembra.

La presencia de ácaros tarsonémidos, familia a la que pertenece *Steneotarsonemus spinki* (Smiley) fue muy baja, solamente, se observó un individuo en una evaluación; no concordó con los resultados encontrados por Altieri y Nicholl (2008) que señalan que el incremento del número de ácaros tarsonémidos se debe al índice en las tasas de fertilización con nitrógeno. Camargo et al. (2012), señalan que la aparición de este fitófago se debió a la presencia de lluvias posiblemente este parámetro influyó en la baja población debido a que este estudio se efectuó en época seca.

Tabla 7. Rendimiento promedio ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

No.	Tratamientos	Evaluaciones			
		1era.	2da.	3era.	Total
1	INIAP-14 con acaricida 0 kg ha^{-1}	2,695	2,875	2,010	2526,67 e
2	INIAP-14 sin acaricida 0 kg ha^{-1}	2,480	3,110	1,875	2488,33 d
3	INIAP-14 con acaricida 80 kg ha^{-1}	2,930	2,840	3,025	2931,67 i
4	INIAP-14 sin acaricida 80 kg ha^{-1}	3,305	3,250	3,225	3260,00 l
5	INIAP-14 con acaricida 160 kg ha^{-1}	1,965	3,055	2,425	2481,67 c
6	INIAP-14 sin acaricida 160 kg ha^{-1}	3,115	3,050	3,215	3126,67 k
7	INIAP-16 con acaricida 0 kg ha^{-1}	2,570	2,270	2,450	2430,00 b
8	INIAP-16 sin acaricida 0 kg ha^{-1}	3,565	2,900	1,945	2803,33 h
9	INIAP-16 con acaricida 80 kg ha^{-1}	3,520	2,555	2,025	2700,00 f
10	INIAP-16 sin acaricida 80 kg ha^{-1}	3,060	2,500	1,725	2428,33 a
11	INIAP-16 con acaricida 160 kg ha^{-1}	3,010	3,470	2,840	3106,67 j
12	INIAP-16 sin acaricida 160 kg ha^{-1}	2,785	3,085	2,490	2786,67 g
	C.V.				0,60 %
	p-valor ADEVA				<0,0001**

NS No significativo al 5% de probabilidades del error.

* Significativo al 5% de probabilidades de error.

** Altamente significativo al 5% de probabilidades de error.

Medias dentro de columnas con letras distintas son estadísticamente diferentes de acuerdo al test de Duncan al 5% de probabilidades de error.

Conclusiones

Los mayores niveles poblacionales de ácaros se observaron en especies predadoras en los tratamientos donde no se aplicó acaricidas y se fertilizó a razón de $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrógeno.

En todos los tratamientos se obtuvo un buen rendimiento superando los $2000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y el porcentaje de espigas afectados estuvo en un rango inferior del 25%.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Altieri, M. A. y Nicholls, C. (2008). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1, 29-36. <https://revistas.utm.edu.ec/agroecologia/article/view/18>
- Almaguel, L., Santos, A., de la Torre, P., Botta, E., Hernandez, J., Caceres, I. y Ginarte, A. (2003). Dinámica de población e indicadores ecológicos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1968 (Acari:Tarsonemidae) en arroz de riego en cuba. *Fitosanidad*, 7(1), 1-9.
- Barcellos, D. E., Oliveira, A. M., Sudo, H., Oliverira, A. B. y Flechtman, C. H. (1979). *Schizotetranychus oryzae* (Rossi de Simons). Distribución geográfica. Seminario de Acarología Agrícola. Chapingo, MX., 98.
- Barcellos, D. E., Oliveira, A. M., Sudo, H., Oliverira, A. B. y Flechtman, C.H. (1979). *Ocorrência do ácaro-do-arroz, Nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo*. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16678/10990>
- Camargo, I. B., Gonzales, F. O., Quiroz, E. M., Zachrisson, B. S., Von, K., C. (2012). Manejo integrado del complejo ácaro (*Steneotarsonemus spinki* smiley) – hongo (*Sarocladium oryzae* sawada) – bacteria (*Burkholderia glumae*) en el cultivo de arroz. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, 32. https://www.researchgate.net/publication/345513862_Guia_Tecnica_MANEJO_INTEGRADO_DEL_COMPLEJO_ACARO_Steneotarsonemus_spinki_Smiley_-_HONGO_Sarocladium_oryzae_Sawada_-_BACTERIA_Burkholderia_glumae_EN_EL_CULTIVO_DE_ARROZ
- Iraola, V. (1996). *Introducción a los ácaros, descripción general y principales grupos*. Departamento de Ecología y Zoología, Universidad de Navarra. http://seaentomologia.org/PDF/BOLETIN_23/B23-002-013.pdf
- IRRI. (2002). *Standard evaluation system for rice (SES)*. Descubra cómo se evalúan y puntúan las cualidades del arroz en este libro de referencia autorizado. <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/rice-standard-evaluation-system.pdf>.



- Lezaun, (2020). *Ácaro del vaneó del arroz, una plaga de impacto global "Steneotarsonemus spinki Smiley"*. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listadode-plagas/acaro-del-vaneó-del-arroz>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Informe de rendimientos objetivos de arroz 2019. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/arroz/rendimiento-del-arrozecuador>
- OIRSA. (2017). *Manejo integrado del ácaro del arroz (Steneotarsonemus spinki Smiley) y las enfermedades asociadas. Calle Ramón Belloso, final pasaje Isolda, Colonia Escalón. San Salvador.* (pp. 1- 56). El Salvador, C.A.
- Ramos, M; Rodríguez, H. (2001). *Aspectos biológicos y ecológicos de Steneotarsonemus spinki Smiley en arroz en Cuba.* Manejo Integrado de Plagas La Habana, 48-52.
- Reyes, L. (2005). *Guía de estudio.* En L. Reyes, Ácaro del saneamiento del arroz *Steneotarsonemus spinki Smiley* (Prostigmata: Tarsonemidae) 12 p. Cali.
- Sánchez, A. M, Vayas, T., Mayorga, F., Freire, C. (2020). *El arroz en Ecuador.* Universidad Técnica de Ambato, 4. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wpcontent/uploads/sites/7/2020/12/Analisis-arroz-Ecuador.pdf>
- Vivas, L. e Intriago, D. (2012). *Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo de arroz en Ecuador.* Yaguachi, Ec. Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral Sur (INIAP) "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Boletín Divulgativo, 12. https://www.researchgate.net/publication/266794883_GUIA_PARA_EL_RECONOCIMIENTO_Y_MANEJO_DE_LAS_PRINCIPALES_ENFERMEDADES_EN_EL_CULTIVO_DE_ARROZ_EN_ECUADOR

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Christian Alejandro Durán Mera	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
María Leticia Vivas Vivas	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Victor Hugo Rivera Pizarro	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.



Efectos del daño mecánico inducido por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas

Effects of nematode-induced mechanical damage to the plantain root system under controlled conditions

Autores

✉ ^{1*}Alex Delgado Párraga

✉ ²Daniel Navia

✉ ²Carmen Triviño

✉ ²Luís Peñaherrera

✉ ³Jessica Zambrano Mero

¹Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.

³Agrointegral Vegzam, Sucre, Manabí, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Delgado Párraga, A., Navia, D., Triviño, C., Peñaherrera, L. y Zambrano Mero, J. (2021). Efectos del daño mecánico inducido por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas. *La Técnica*, 11(1) 15-20. DOI: https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i25.1715

Recibido: Julio 07, 2020

Aceptado: Diciembre 10, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

El desarrollo vegetativo del plátano se expone a factores bióticos, entre ellos los fitonemátodos responsables de causar daños al sistema radical, restringiendo la absorción de agua, nutrientes y afectando el crecimiento. El objetivo de la investigación fue simular el daño mecánico que ocasionan los nemátodos al sistema radical en plátano bajo condiciones controladas. Para el efecto, se utilizaron plantas meristemáticas de plátano Barraganete de 45 cm de altura, sembradas en fundas plásticas con 40 L de suelo pasteurizado. Los tratamientos consistieron en el lavado más eliminación del 0, 25 y 50% de la masa radical más un testigo absoluto. Dos meses después se evaluó el peso de raíces y crecimiento, observándose diferencias significativas, donde el tratamiento con 0% de corte de raíces presentó menor peso (73,44 g) y altura (53 cm), en relación con los demás tratamientos con 155 g (en media) y 75 cm (en media). Posiblemente la manipulación de raíces en el 0% de corte no fueron suficientes para estimular los mecanismos de defensa y crecimiento de la planta.

Palabras clave: crecimiento; plátano meristemático; musa; raíces; simulación.

Abstract

The vegetative development of the banana is exposed to biotic factors, including phytonematodes responsible for causing damage to the radical system, restricting water absorption, nutrients and affecting growth. The objective of this research work was to simulate the mechanical damage caused by the nematodes to the radical plantain system under controlled conditions. For the purpose, Barraganete meristematic plantain plants were used 45 cm high, sown in plastic sleeves with 40 L of pasteurized soil. The treatments consisted of washing plus elimination of 0, 25 and 50% of the radical mass plus an absolute control. Two months later, the weight of roots and growth were evaluated, observing significant differences, where the treatment with 0% root cut showed a lower weight (73.44 g) and height (53 cm), in relation to the other treatments with 155 g (on average) and 75 cm (on average). Possibly the handling of roots in 0% cutting were not sufficient to stimulate the mechanisms of defenses and growth of the plant.

Keywords: growth; meristematic plantain; muse; roots; simulation.



Introducción

El plátano se cultiva en zonas tropicales y subtropicales del mundo, tiene amplia utilidad en la gastronomía e importancia en la dieta alimentaria. En Ecuador se cultivan aproximadamente 127.236 ha con rendimientos en promedio de 7,68 t·ha⁻¹ proveniente de pequeños productores en la que se destaca la variedad dominico y barraganete, sus cosechas están destinadas para satisfacer el mercado local e internacional respectivamente (SINAGAP, 2017).

El desarrollo vegetativo de esta musácea se ha visto afectado en los últimos años debido a las lesiones foliares ocasionadas por la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* M.) y, el volcamiento de plantas causado por los fitonemátodos los cuales deterioran el sistema radical, afectando el crecimiento e incrementan el periodo de floración entre la madre y el hijo, y como resultado existen pérdidas de unidades de producción por año (Gowen y Queneherve, 1990; Chávez y Araya, 2001; Castro et al., 2003; Gowen et al., 2005; Jaramillo et al., 2019).

El deterioro de la raíz de plátano y su efecto adverso en el desarrollo y por ende en la producción se debe a factores ambientales (físicos, químicos y climáticos) y biológicos. Entre los biológicos se destacan la podredumbre de los rizomas y raíces provocada por nematodos, y la degradación de la actividad biológica del suelo (Castro et al., 2003; Draye, 2003a; Gauggel, 2003; Gauggel et al., 2003). El sistema radical de esta musácea tiene respuestas positivas para recuperarse de ciertos grados de anomalías ocasionado por entes externos o internas como, por ejemplo: cuando el ápice de una raíz adventicia primaria de *Musa* está dañado, debido a los factores bióticos o abióticos, en las raíces laterales de primer orden pueden desarrollarse en las raíces adventicias secundarias largas (Gauggel, 2003; Draye, 2003b; Blomme et al., 2003).

La infección con los nematodos puede interferir con la absorción y trasportación de nutrientes y agua, resultando en un crecimiento lento y sensibilidad al volcamiento de las plantas. El daño mecánico causado por los nematodos mientras se alimenta depende del grado de infección en el sistema radical, este puede ser de leve (raíces necrosadas) a severo (raíces podridas) (Aguirre et al., 2016); sin embargo, la mayoría de los daños parece ser causados por la secreción de saliva introducida en los tejidos de las plantas durante el proceso de alimentación (Blomme et al., 2003; Guzmán et al., 2012).

Las investigaciones que se han realizado en condiciones de invernadero utilizando plantas meristemáticas en esta temática, se han centrado en la relación población de nematodos vs. sanidad radical (Barekye et al., 1999; Araya, 2004; Delgado y Triviño, 2013), sin embargo, se debería realizar un mayor análisis, y con la finalidad de determinar la influencia del daño mecánico al sistema radical en el crecimiento de las plantas de plátano en condiciones controladas.

Metodología

La investigación efectos de la simulación del daño ocasionado por nemátodos al sistema radical del plátano en condiciones controladas, se realizó en el invernadero de la Sección Nematología de la Estación Experimental Litoral Sur, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el km 26 de la vía Durán, Tambo, parroquia Virgen de Fátima, cantón Yaguachi, provincia del Guayas, entre las coordenadas geográficas 2°15'27" S y 79°38'40" O a 10 msnm.

La pluviosidad media anual fue de 1.154 mm, la temperatura media anual de 26,5 °C y 83% de humedad relativa. En este ensayo se estudió el siguiente factor: podas a tres niveles, baja, leve y fuerte.

Tratamientos estudiados

En esta prueba se utilizó plantas meristemáticas de plátano (*Musa* AAB) con 4 tratamientos, como se detalla a continuación:

Tabla 1. Característica de los tratamientos.

No. Tratamientos	Corte de raíz/planta
1	Testigo
2	0%
3	25%
4	50%

Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar (DCA) con cinco repeticiones cada una conformada por una planta, como se detalla a continuación:

T1= testigo absoluto, este tratamiento permaneció intacto sin manipulación durante el lapso de tiempo de la investigación.

T2= plantas con raíces lavadas (sin cortes, en este tratamiento las plantas fueron extraídas del contenedor inicial sin causar daños en raíces, para cual se cortó la bolsa y se retiró todo el suelo y se procedió a lavar cada planta con su sistema radical, en un balde de 18 L de capacidad con agua potable, se dejó a temperatura ambiente (30 °C) por el lapso de 45 minutos y posteriormente se trasplantaron en un nuevo contenedor con idénticas características y con el mismo tipo de suelo.

Los tratamientos T3 (plantas con el 25% de raíces eliminadas) y T4 (plantas con el 50% de raíces eliminadas) después del lavado, se calcularon los porcentajes a eliminar mediante el uso de un vaso de precipitado graduado, en cual se colocó agua en agua en porcentajes (75 y 50% según los tratamientos) y para completar el 100% se añadió raíces según los tratamientos.

Análisis estadístico

Las medias de los resultados se compararon con la prueba del Rango Múltiple de Duncan al 5% de significancia, utilizando el paquete estadístico SAS 9.0.

Manejo del experimento

Para esta investigación, se utilizaron plantas meristemáticas de plátano barraganete (*Musa AAB*) de aproximadamente 45 cm de altura, fueron sembradas en fundas de 40 litros de capacidad llenadas con suelo franco arcilloso con pH 7,4 y pasteurizado. La pasteurización consistió en colocar el suelo en un horno de construcción artesanal (80 x 100 cm) a temperatura constante de 60 °C por el lapso de dos horas. Al mes del trasplante a cada planta se procedió a eliminar partes del sistema radical según los tratamientos, previo a los cortes se retiró cada planta del suelo, se lavaron las raíces y luego con un cuchillo se cortaron los volúmenes de raíces de 25 y 50% de las plantas para lo cual se usó un vaso de precipitación marca Pyrex de 3 L de capacidad, en este recipiente se colocó agua hasta el 75 y 50% para los tratamientos tres y cuatro respectivamente (tabla 1), y el faltante del recipiente se lo completó con raíces (25 y 50%), para el tratamiento dos se aisló de la funda de trasplante y se lavaron sus raíces e inmediatamente se volvieron a sembrar en el mismo suelo. El riego se efectuó de acuerdo con el requerimiento de las plantas.

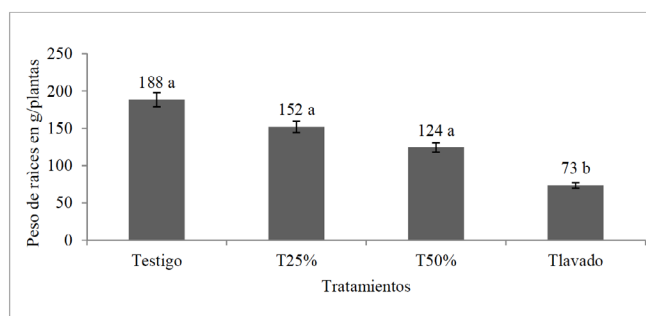
A los 60 días después de haberse aplicado los tratamientos (eliminadas las raíces de las plantas) se evaluaron las siguientes variables:

Altura de la planta. Con la ayuda de una cinta métrica se tomó la altura de la planta desde el cuello hasta la inserción de la hoja.

Peso de las raíces. Las muestras de las raíces de cada planta fueron recolectadas en fundas plásticas, debidamente identificadas; luego, en el laboratorio, se lavaron las raíces de cada muestra, se dejaron al ambiente para la eliminar el exceso de agua y se registró el peso en gramos (marca Boeco Germany modelo BPS 51 plus).

Resultados

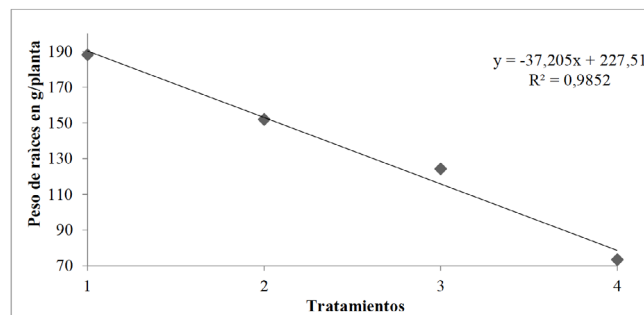
A los 60 días después de realizar los respectivos cortes de raíces, se evaluó el desarrollo radical, y se determinó que hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, observándose que el lavado de raíces presentó el menor peso con 73,44 g en relación con los 155 g (en media) que se obtuvieron en los demás tratamientos (figura 1).



Testigo= plantas sin tratamiento; T25%= plantas con el 25% de raíces eliminadas; T50%= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tlavado= plantas con raíces lavadas.

Figura 1. Peso promedio de raíces totales por tratamiento.

Mediante análisis de regresión con un $r^2 = 0,98$ y correlación con $r = 0,75$ y un $P < 0,0001$, se obtuvo que el peso de raíces se reduce a medida que se elimina su masa radical. Sin embargo, el tratamiento en cual se lavaron las raíces y sin causar daños fue la que presentó el menor peso (figura 2).

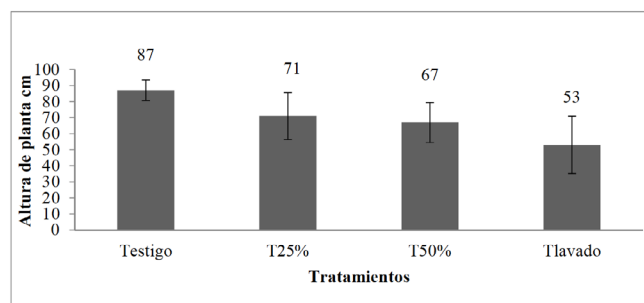


Tratamientos 1= testigo; Tratamientos 2= plantas con el 25% de raíces eliminadas; Tratamientos 3= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tratamientos 4= plantas con raíces lavadas.

Figura 2. Regresión lineal del peso de raíces vs. tratamientos.

El testigo registró la mayor altura de 86,86 cm (figura 3), seguido por los tratamientos con el 25% y 50% de raíces eliminadas (70,56 y 67,24 cm, respectivamente), fueron iguales entre sí y estos a su vez se diferenciaron de las plantas en las cuales solo se lavaron sus raíces, el cual mostró el menor promedio 52,56 cm.

Al realizar los cortes del 25% de raíces, se observó un estímulo reflejándose en el aumento del crecimiento de las plantas, mostrando un mayor incremento en la altura en cm en comparación con las plantas sanas (tratamiento Tlavado).

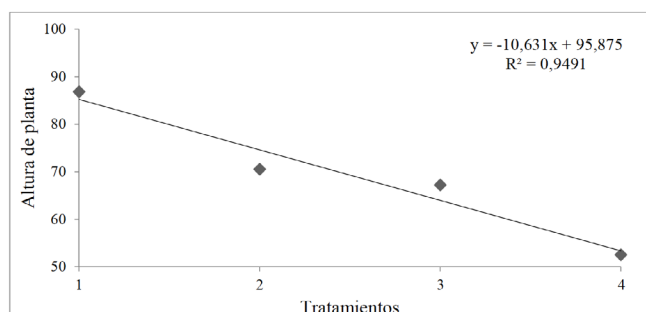


Testigo= control; T25%= plantas con el 25% de raíces eliminadas; T50%= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tlavado= plantas con raíces lavadas.

Figura 3. Altura de las plantas según lo tratamientos.

El testigo absoluto presentó un incremento en la altura final hasta del 93% en comparación con el inicio, mientras que los tratamientos en los cuales se eliminó el 25 y 50% del sistema radical mostraron un estímulo en su desarrollo del 58 y 49%, respectivamente y el Tlavado presentó un bajo porcentaje, que fue del 18% de aumento en la altura de las plantas tratadas.

Mediante análisis de regresión $r^2 = 0,94$ y correlación cuyo $r = 0,97$ y un $P < 0,001$, se obtuvo que la altura de las plantas se redujo a medida que se eliminó su masa radical. Sin embargo, el tratamiento en cual se lavaron las raíces sin causar daños fue el que presentó menor altura de planta (figura 4).



Tratamiento 1= testigo; Tratamiento 2= plantas con el 25% de raíces eliminadas; Tratamiento 3= plantas con el 50% de raíces eliminadas; Tratamiento 4= plantas con raíces lavadas.

Figura 4. Regresión lineal de altura de la planta vs tratamientos.

Discusión

El lavado de raíces y sin causar daños fue el tratamiento más afectado en cuanto a la producción de masa radical y crecimiento, donde se puede plantear la hipótesis: de que al no haber daños en raíces los mecanismos de defensa de la planta no se activaron dado que no hubo ingreso de patógenos (Chisholm et al., 2006; Ojito-Ramos y Orelvis Portal, 2010), afectando su normal desarrollo.

En los tratamientos donde se realizaron los cortes y eliminación de los volúmenes del 25 y 50% raíces, se observó que al provocar heridas en el sistema radical de las plantas con un daño mecánico asistido se estimuló el aumento en el número de raicillas. En suelos labrados por debajo de 50 cm las raíces fueron más numerosas y más sanas, es decir, que hubo emisión de nuevas raíces (Robinson, 1996; Blomme et al., 2002). Los tejidos dañados fueron reemplazados con rapidez, cuando la infestación de nemátodos produjo la destrucción mecánica de una raíz e indujo la activación de sus mecanismos de defensa, produciendo nuevas raíces (Esaú, 1977; Soto, 1992; Gauggel et al., 2003; Vivanco et al., 2005).

El ataque de varios géneros de nematodos causando daños mecánicos y en alto grado de infección con *Meloidogyne* spp., puede dar como resultado un aumento en el peso del sistema radical (Bergh et al., 2000); por otro lado, el ataque de *Radopholus similis* en plátano dominico hartón (*Musa* AAB) ocasionó una excesiva ramificación de raíces secundarias (Guzmán et al., 2012). Existe la posibilidad de que los nematodos tuvieran efectos de inhibición y estimulación mutuamente independientes en las plantas según su número, cuando el proceso estimulador fue mayor que el daño al sistema radical, se recuperó con rapidez (Seinhorst, 1968; Wallace, 1971).

Con relación a la altura de la planta esta se vió afectada por la eliminación de raíces (25 y 50%), dado a que esta gastó energía en su recuperación y producción de raíces secundarias y su

crecimiento se detuvo, teniendo una relación directa entre sí (Callejas et al., 2012; Rasche et al., 2020).

Conclusiones

Las plantas en cuyo sistema radical se elimina entre el 25 y el 50% de la masa radical, se recupera y estimula la emisión de nuevas raíces que son proporcional al testigo absoluto en cuanto al peso de raíces y crecimiento de la planta.

Las afectaciones por el lavado de raíces, puede ser debido a que estas al no interactuar con patógenos sus mecanismos de defensas y crecimiento permanecen inactivos.

Se recomienda continuar con investigaciones similares para determinar su influencia en el desarrollo y la producción del volumen radical de la planta.

Conflicto de intereses

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

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral Sur, por el financiamiento para realizar esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Abdalla, M. M. F., Abd El-Wahab, M. M. H., Abdel-Lattif, H. Aguirre, O., C. Chávez, A. Giraud, and M. Araya. (2016). Frequencies and population densities of plant-parasitic nematodes on banana (*Musa* AAA) plantations in Ecuador from 2008 to 2014. *Agron. Colomb.* 34(1), 61-73. Doi: 10.15446/agron.colomb.v34n1.53915.
- Agrios, G.N. (2005). Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, New York.
- Araya, M. (2004). Los fitonemátodos del banano (*Musa* AAA subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery, William) su parasitismo y combate. XVI Reunión Internacional Acobat. Publicación Especial. 84 p.
- Bergh, V., De Waele, N., H., Thi Minh Nguyet, D., Thi Tuyet, N. y Thi Thanh, D. (2000). Cribado del germoplasma de *Musa* de Vietnam con respecto a la resistencia y tolerancia a los nematodos noduladores y lesionadores de las raíces en el invernadero. *InfoMusa*, 9(1): 10 p.
- Barekye, A., Kshaija, I.N.; Adipala, E. y Tushemereirwe, W.K. 1999. Pathogenic city of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda: 319 – 326 pp. In: E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura and R.A. Sikora eds. Mobilizing IPM for 45 sustainable

- banana productions in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa – 23 – 28 November 1998. IPGRI-INIBAP Montpellier France.
- Blomme, R., Swennen, R y Tenkouano, A. (2003). Evaluación de la variación genotípica en la arquitectura de las raíces de *Musa* spp., bajo condiciones de campo. *InfoMusa*, 12(1), 24-28.
- Blomme, G., Swennen, R y Tenkouano, A. (2002). Efecto de la densidad aparente del suelo sobre el desarrollo de las raíces y de toda la planta en seis variedades de banano. *InfoMusa*, 11(2), 38-40.
- Castro, M., Duarte, R., Portillo, C y Gonzales, J. (2003). *Banana yield response to nematode control in Dole farms in Costa Rica*. In: Root System: towards a better understanding for its productive management Proceedings of an International Symposium Held in San José. 22 p. Costa Rica.
- Chávez, C. y Araya, M. (2001). Frecuencia y densidades poblacionales de los nematodos parásitos de las raíces del banano (*Musa* AAA) en Ecuador. *Nematropica*. 31(1), 25-36.
- Chisholm, S. T., Coaker, G., Day, B. and Staskawicz, B. J. (2006). Host-microbe interactions: Shaping the evolution of the plant immune response. *Cell*, 124, 803-814.
- Callejas-Rodríguez, R., Rojo-Torres, E., Benavidez-Zabala, C. y Kania-Kuhl, E. (2012). Crecimiento y distribución de raíces y su relación con el potencial productivo de parrales de vides de mesa. *Agrociencia*, 46(1), 23-35.
- Draye, X. (2003a). *Distribution of banana roots in time and space*. In: Root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José. Costa Rica. 29 p.
- Draye, X. (2003b). *Distribution of banana roots in time and space*. International symposium of banana root system: towards a better understanding for its produce management San José, Costa Rica. *Corbana*, 3(5), 20.
- Delgado, A. y Triviño, C. (2013). Determinación del nivel crítico del nemátodo *Helicotylenchus multicinctus* en plantas de banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB), establecidas en invernadero y área comercial. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/255/6/T-UTB-FACIAG-AGROP-000025.pdf>.
- Esau, K. 1977. Anatomy of the seed plants. 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Gauggel, C., Sierra, F. and Arevalo, G. (2003). *The problem of banana roots deterioration and its impact on production: Latin America's experience* *Banana* (Eds.). Root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José. Costa Rica. 19 p.
- Gauggel, C. (2003). *La problemática del deterioro radical del banano y su impacto sobre la producción: experiencia de producción en América Latina*. In: Root System: towards a better understanding for its productive management Proceedings of an international symposium held in San José. Costa Rica. 20 p.
- Gowen, S. y Queneherve, P. (1990). *Nematodes parasites of bananas, plantains and abaca*. In: Sikora, A, Bridge, J. (Eds.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, UK. pp. 431-460.
- Gowen, S. R., Quénéhervé, P. and Fogain, R. (2005). *Nematode parasites of bananas and plantains*. In: Luc, M., Sikora, R. A., Bridge, J. (Eds.). In: Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. CAB International, UK. pp. 611-643.
- Guzmán Piedrahita, O., Castaño Zapata, J. y Villegas Estrada, B. (2012). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Agron*. 20(1), 38-50.
- Jaramillo, J., Vintimilla, M., Rubio, D., Soto, G., Tobar, M., Salas, E. and Araya, M. (2019). Effect of nematicide rotation on banana (*Musa* AAA cv. Williams) root nematode control and crop yield. *Agronomía Colombiana*, 37(2), 153-165. Doi:10.15446/agron.colomb.v37n2.79099.
- Ojito-Ramos, K. and Portal, O. (2010). Introducción al sistema inmune en plantas. *Bioteología Vegetal*, 10(1), 3-19.
- Rasche Alvarez, J., Gomez, E., Fatecha Fois, D. y Leguizamón Rojas, C. (2020). Compactación del suelo y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y guandú. *Investig. Agrar*. 22(1):13-21.
- Robinson, J. C. (1996). *Bananas and Plantains*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 238 p.
- Seinhorst, H. W. (1968). A model for the relation between nematode density and yield of attacked plants including growth stimulation at low densities. *Comptes Rendus du Huitieme Symposium International de Nematologie*. Antibes. 83 p.
- SINAGAP. (2017). *Boletín situacional plátano*. http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin_situacional_platano_2017.pdf.
- Soto, M. 1992. *Banano cultivo y comercialización*. pp. 26-27.
- Thi Minh Nguyet, D., Elsen, A., Thi Tuyet, N y De Waele, D. (2002). Respuesta de la planta hospedante de los bananos Pisang jari buaya y Mysore, a *Radopholus similis*. *InfoMusa*, 11(1), 19.
- Vivanco, M., Cosio, E., Loyola-Vargas, V. y Flores, H. (2005). Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y Ciencia*, 68-78.
- Wallace, H. R. (1971). The influence of the density of nematode populations on plants. *Nematológica*, 17: 154-166.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Alex Delgado Párraga	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Daniel Navia	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Carmen Triviño	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Luís Peñaherrera	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.
Jessica Zambrano Mero	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.



Sustainability indicators for banana's farm evaluation in agricultural areas of Babahoyo, Ecuador

Indicadores de sustentabilidad para la evaluación de fincas de banano en zonas agrícolas del cantón Babahoyo, Ecuador

Autores

- ✉ ¹*Oscar Caicedo-Camposano*
- ✉ ²*Carlos Balmaseda-Espinosa*
- ✉ ³*Dalton Cadena-Piedrahita*
- ✉ ⁴*Eleonora Layana-Bajaña*

¹Doctorante de Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Profesor Investigador. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

²Profesor Investigador. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

³Profesora Investigadora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte, Ecuador

*Autor de correspondencia.

Suggested citation: Caicedo-Camposano, O., Balmaseda-Espinosa, C., Cadena-Piedrahita, D. and Layana-Bajaña, E. (2021). Sustainability indicators for banana's farm evaluation in agricultural areas of Babahoyo, Ecuador. *La Técnica*, 11(1), 21-27. DOI: <https://doi.org/10.33936/latécnica.v0i25.2114>

Recibido: Septiembre 08, 2020

Aceptado: Diciembre 15, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Abstract

This assignment was carried out with the aim of constructing sustainability indicators for banana's farm evaluation in Babahoyo, Ecuador. For it, a workshop was held in the area of study, in which a group of experts in banana cultivation participated. The methodology is an adaptation of Professor Santiago Sarandón's proposal, in which he considers the three dimensions of sustainability; the labor presents a list of important indicators and formulas to calculate the value of environmental, economic and sociocultural indicators, as well as to obtain the general sustainability index. Through the Kendall Coefficient and the Cronbach's alpha, a satisfactory internal consistency was obtained with respect to the designed instrument. It is concluded that the development of the indicators, the sub-indicators and the categories for each of the dimensions of sustainability is appropriate to detect critical points of it, to establish causes and propose medium and long term solutions. The methodology involves an activity that is applicable to a wide range of farms in a series of contexts, as long as some indicators are replaced by others that are relevant to the farms to be evaluated. In addition, according to the methods to measure the agreement, the designed instrument was understood by the surveyed.

Keywords: banana; methodology; multicriteria analysis; ranch.

Resumen

Este trabajo se efectuó con el objetivo de construir indicadores de sustentabilidad para la evaluación de fincas bananeras en Babahoyo, Ecuador. Para ello, se realizó un taller en la localidad de estudio, en el que participó un grupo de expertos en el cultivo de banano. La metodología es una adaptación de la propuesta del profesor Santiago Sarandón, la cual considera las tres dimensiones de la sustentabilidad; el trabajo presenta una lista de indicadores importantes y fórmulas para calcular el valor de los indicadores ambiental, económico y sociocultural, así como para obtener el índice de sustentabilidad general. Mediante el Coeficiente de Kendall y el alfa de Cronbach se obtuvo una consistencia interna satisfactoria respecto al instrumento diseñado. Se concluyó que el desarrollo de indicadores, subindicadores y categorías para cada una de las dimensiones de la sustentabilidad es adecuado para detectar puntos críticos de la misma, establecer sus causas y proponer soluciones a mediano y largo plazo, la metodología involucra una actividad que es aplicable a una amplia gama de fincas en una serie de contextos, siempre y cuando, se reemplacen algunos indicadores por otros que sean relevantes para las fincas a evaluar. Además, según los métodos para medir la concordancia, el instrumento construido fue comprendido por los encuestados.

Palabras clave: banano; metodología; análisis multicriterio; fincas.

Introduction

The banana's exporting production is a technological and economical activity different from the production of conventional bananas, which, in countries such as Ecuador, remains the main non-oil export product. (Pro Ecuador, 2016).

In 'Los Ríos' province, the banana cultivation represents a very important item in economic terms; therefore, it requires large infrastructure investments such as irrigation, drainage, packing plants, cable track, among others. Of the 637,000 ha of land with agricultural aptitude, about 10% of that area is planted with banana (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2011).

The conventional procedures used to assess the results achieved in agricultural production systems such as cost-benefit are not sufficient to evaluate their long-term activity, since they do not consider social and environmental situations in the analysis, the same as today, they are very important elements within the production systems (Flores and Sarandón, 2004).

Banana's production pollutes not only the area of their plantations, but the agrochemicals applied there are washed away by tributaries and rivers to the sea or ocean, where they kill corals and fish (Maldonado et al., 2007).

Among the practices of banana's production in some tropical countries, there is a wide variation. Currently, the purpose of public and private companies in banana's producing countries is to identify alternative systems that combine high productivity and profitability with less dependence on agro toxics (Bellamy, 2013).

For a sustainable agricultural production system to exist, strategies must be defined that lead to achieve a balance between the productive, economic and social aspects, since, if the development of only one of them is prioritized, it is likely that the other two are affected and take restrictions (Müller, 1994).

To Chiappe and Sarandón (2002) the adoption of a broad approach to sustainable agriculture includes both environmental and ecological aspects, as well as social and economic aspects, allows a more adequate approach to the formulation of alternative agricultural strategies.

The resilience of communities depends on the resources available in them. These resources can be interpreted as the existence of different forms of capital (Flora et al., 1995) and distinguish four types of capital: physical-financial capital, human capital, natural capital, and social capital.

The authors themselves manifest that human capital refers to the training's level of the members of a community, for example, the education and skills with which workers perform their job. Physical capital consists of public, private goods and financial assets (the assets used in the production process), that is,

everything that is monetarized or that is convertible to monetary terms. Natural capital is made up of the quantity and quality of the available natural resources: water, soil, air, biodiversity and landscape.

According to Putnam et al. (1994) mention that social capital is constituted by aspects of social organization that facilitate coordination and cooperation for mutual benefit.

The methodology of Altieri and Nicholls (2002) has not been used because it does not comprehensively address this type of studies. But the methodology developed by Sarandón et al. (2006) is better adapted to the sustainability analysis of agricultural systems or farms where annual crops are worked. For work on farms with perennial crops, it is advisable to reformulate it, but always considering the three dimensions of sustainability.

As part of the design of numerous investigations, it is necessary to consult people who participate as experts. However, to convert the conglomerate of knowledge possessed by the specialists in scientific information, needs the controlled application of a method for obtaining the information, that method is the Delphi. This method differentiates and adjusts particular opinions and arguments expressed by experts and allows decisions to be made, which should not be taken unilaterally by researchers (García and Suárez, 2013).

The Delphi is a qualitative research method that, when publishing research results, requires studies that use it and the details of its phases are explicitly described, which are: 1) preparation phase where the experts are selected; performs the preparation of the instrument, and the route of the consultation is decided; 2) consultation phase, the consultation rounds are carried out, the statistical processing is executed successively, and the feedback; 3) the consensus phase is built and the result is reported. For more than four decades the Delphi method has been the subject of multiple applications worldwide and continues being used by researchers who analyze complex problems (Astigarraga, 2008).

The Kendall Coefficient of Concordance is used to determine the degree of agreement among several judges (experts), or the association between three or more variables, that is, it is especially useful when the experts are asked to establish ranges for the items. The minimum value assumed by the coefficient is 0 (zero) and the maximum value is 1 (one); However, the rating given to each item should always be reviewed, since there may be a high correspondence in the aspects, an example would be that the item is not appropriate. Unreasonably, in this case it must be excluded or completely modified, until it fits the measurement objectives appropriately (Escobar-Pérez and Cuervo-Martínez, 2008).

Another method to know the reliability of the instrument is the Cronbach's Alpha, which is a coefficient that serves to measure the reliability of a scale of measurement, and whose Alpha name was made by Lee Joseph Cronbach in 1951. To determine the Alpha coefficient of Cronbach, the researcher calculates the correlation of each reagent or item with each of the others, resulting in many correlation coefficients. Something that must be taken into consideration is that the value of the Alpha is the average of all the correlation coefficients (Lind et al., 2012). For this to be easier, it is preferable to have a similar scale in all the reagents proposed.

Bójorquez et al. (2013) indicated that this coefficient requires a single administration of the measuring instrument and produces values that oscillate between 0 (zero) and 1 (one). Its advantage is that it's not necessary to divide the measurement instrument into two halves, the measurement is simply applied, and the coefficient is calculated.

According to the literature of Streiner (2003) it holds that the limit value for accepting a Cronbach's alpha is 0.7. For its part, Malhotra (2008) indicated that "there was unsatisfactory reliability of internal consistency when the coefficient adopts a value equal to or less than 0.6". This assignment was carried out with the aim of constructing sustainability indicators for banana's farm evaluation in Babahoyo, Ecuador. For it, a workshop was held in the area of study, in which a group of experts in banana cultivation participated.

Methodology

For the construction of sustainability indicators, a workshop was held in Babahoyo, in which several experts participated in the cultivation of bananas domiciled in this city, workers from public and private institutions, with experience in the different edges of the banana growing chain. They followed the steps proposed by Sarandón et al. (2006), the same ones that were:

- a) Establish a conceptual framework: What was understood as sustainable agriculture was discussed and defined.
- b) Define the objectives of the evaluation: The objective was to evaluate the banana's farm sustainability.
- c) Characterize the farms to be evaluated: In the area, the banana is grown in monoculture.
- d) Analyze existing information: Publications on edible banana production and sustainable agriculture were reviewed, by using in a comprehensive manner, the methodology of Sarandón and Flores (2009) and Altieri and Nicholls (2002).
- e) Define the dimensions of the analysis: It was agreed to consider the three dimensions of sustainability.
- f) Define sub-indicators for each dimension: it refers to indicate the parameters directly related to each dimension of sustainability.
- g) Define range of values for sub-indicators refers to giving a numerical value to each of the parameters directly related to each dimension of sustainability.

h) Define formulas to calculate the indicators: It was analyzed, discussed and proposed by Sarandón and Flores (2009) to measure the indicators of each dimension of sustainability and the pertinence of making changes.

i) Define formulas to calculate the general sustainability index: It was considered, discussed and proposed by Sarandón and Flores (2009) to calculate the general sustainability index and the pertinence of making changes in it.

j) Design of the format to collect the information in the field (survey). To analyze each of these items, it was necessary to use a minimum time of 30 minutes for the presentation and discussion of the proposals. The final proposal was defined by a vote in which the entire panel of experts participated.

Using the methodology of the State Committee of Science and Technology of Russia, developed in 1971 by Oñate-Ramos and Díaz (1998), the competence of the experts was determined and then the processing of their criteria and opinions was applied by the Delphi method; finally, to verify the degree of coincidence of the evaluations made by the experts, the Kendall's concordance coefficient test was used.

When consulting experts, indicators, sub-indicators and assigned categories were validated. For this, 32 experts were evaluated who, among other things, work in the banana production and, in other cases, they were people linked to the teaching of this crop in the universities of 'Los Ríos' province, the Delphi method was applied. It was detected that only 15 are experts, with a competence coefficient (K) $0.8 \leq K \leq 1.0$, which gives them a K = High; the model of the Kendall concordance coefficient statistical test was used, which helped to verify the degree of coincidence of the evaluations carried out by the experts (Reguant-Álvarez and Torrado-Fonseca, 2016; EcuRed, 2018).

Results

The group of experts considered that the methodology used by the multicriteria analysis to evaluate the sustainability of banana farms (Sarandón et al., 2006; Sarandón and Flores, 2009), unlike the proposal of Altieri and Nicholls (2002), is better to evaluate banana plantations, since it considers the three dimensions of sustainability and approaches it holistically and systemically (Mendoza and Prabhu, 2000; Evia and Sarandon, 2002). But this had to be reformulated and adapted for the analysis of banana farms. Having into account these considerations, the task of constructing indicators showed the following results:

Analysis of the economic dimension

A. To assess whether the systems were economically sustainable, the following indicators and sub-indicators were established:

B. Food self-sufficiency: this is fundamental for the sustainability of the banana farm. The following variables were considered:

- Diversification of production: (4) More than four products; (3) Four Products; (2) Three Products; (1) Two Products; (0) A product.
- Percentage of the total area devoted to self-consumption: (4) More than one hectare; (3) Up to one ha; (2) Up to half a ha; (1). A quarter of a hectare; (0) Zero ha.

C. Economic income: The system is sustainable if it can meet the economic needs of the family group.

▪ Crop yield. - The system is sustainable if it remains the same or higher than the average of the area. (4) Greater than 4000 boxes; (3) Between 3000 to 4000 boxes; (2) Between 2000 to 3000 boxes; (1) Up to 2000 boxes; (0) Less than 2000 boxes.

▪ Cost of production. - The cost of production must guarantee a margin of profit for the system to be sustainable. (4) Less than 4.25; (3) Between \$ 4.25 and \$ 4.50; (2) Between \$ 4.50 and \$ 4.75; (1) Up to \$ 4.75; (0) Greater than \$ 4.75

▪ Net income. - These revenues were evaluated in dollars per year. (4) Greater than \$ 7000; (3) Between \$ 6300 and \$ 7000; (2) Between \$ 4200 and \$ 6300; (1) Up to 3100; (0) Less than \$ 3100

D. Economic risk: A system will be sustainable if it minimizes economic risk, ensuring stability in production for future generations.

▪ Reduction during the process. - In order for the production on the farm to be sustainable, the reduction must be up to 5%. (4) Less than 5%; (3) Between 5% and 10%; (2) Between 10% and 15%; (1) Up to 15%; (0) Greater than 15%

▪ Marketing channels. - Commercial diversification decreases economical risk (4) plus 3 contracts; (3) Up to 3 contracts; (2) Up to 2 contracts; (1) 1 Contract; (0) Spot.

▪ Dependence on agrochemicals and other inputs. - A system with a high dependence on inputs is unsustainable over time. (4) Very low; (3) Low; (2) Moderate; (1) High; (0) Very high.

▪ Self-financing of production. - The production system is sustainable if its yields give the ability to self-finance. (4) self-financing; (3) average self-financing; (2) partial self-financing; (1) Self-financing with severe restrictions; (0) It is not self-financing.

E. Conversion (ratio): if the ratio in the farm is higher than 2, the system is sustainable and reduces the economic risk. (4) Greater than 2.6; (3) Between 2 to 2.6; (2) Between 1.5 to 2; (1) Between 1a 1,6; (0) Less than 2.

$$(IE) = \frac{\left(\frac{A1 + 2A2}{3}\right) + 2\left(\frac{B1 + B2 + B3}{3}\right) + \left(\frac{C1 + C2 + C3 + 2C4}{6}\right) + 2D}{4}$$

Analysis of the environmental dimension

A. To assess whether the systems were economically sustainable, the following indicators and sub-indicators were established:

B. Conservation of soil life: a system is sustainable if agricultural practices maintain or improve life in the soil.

▪ Vegetable cover in the soil. - It provides the soil with protection

against climatic agents and reduces the risk of erosion. (4) 100% coverage; (3) 75% coverage; (2) 50% coverage; (1) 25% coverage; (0) bare floors

▪ Management of the cultivation system. - The sustainable management of the system is achieved with certified organic practices. (4) Organic with double certification; (3) organic with a certification; (2) Organic with Application for Certification; (1) In transition with substitution of inputs; (0) Conventional monoculture.

▪ Crop diversity. - The diversity of plants in the system ensures its sustainability. (4) Association of Crops; (3) Intercalated culture; (2) Monocultures with the presence of spontaneous vegetation; (1) Monoculture surrounded by other crops; (0) Monoculture Surrounded Partially by Spontaneous Vegetation.

▪ Incorporation of organic matter. - The incorporation of organic matter in the soil improves the physical and chemical conditions of this, which makes the system sustainable. (4) Very common; (3) Frequent; (2) Less Frequent; (1) Uncommon; (0) Null.

C. Erosion risk: A system is sustainable if it manages to minimize or avoid soil loss due to erosion (water in this case).

▪ Relief of the soil. - a system is sustainable if the relief of the soil favors the same. (4) Plane; (3) Plane with slight Ripples; (2) Moderately Wavy; (1) Wavy; (0) Irregular.

▪ Leveling the soil. - (4) From 0 to 1%; (3) From 1% to 5%; (2) From 5% to 10%; (1) From 10% to 15%; (0) Greater than 15%.

▪ Irrigation system. - (4) Drip; (3) Spray + Fertigation; (2) conventional spray; (1) Superficial; (0) Precipitation.

▪ Drainage system. - (4) Subsoil with pumping station; (3) Superficial with pumping station; (2) Subsurface or surface without pumping station; (1) Without maintenance; (0) None.

D. Biodiversity's management: Biodiversity is important for the regulation of the system, since, among other functions, it provides habitats and ecological niches for natural enemies. The diversity of plants is the basis of heterotrophic diversity.

▪ Cultivated varieties. - (4) More than 4; (3) From 3 to 4; (2) From 2 to 3; (1) From 1 to 2; (0) 1.

▪ Integrated pest management. - (4) Very frequent; (3) Frequent; (2) Less Frequent; (1) Uncommon; (0) Null.

▪ Origin of plant material. - (4) Imported; (3) Meristematic Certificate Laboratory; (2) Non-certified meristematic laboratory; (1) Vivarium Propagation with Corms; (0) Unknown.

▪ Incidence of pests and diseases. - (4) Null; (3) Grade 1; (2) Grade 2; (1) Grade 3; (0) Greater than grade 3.

▪ Frequency of agrototoxic applications. - (4) Bimonthly; (3)

Monthly; (2) Biweekly; (1) Weekly; (0) Daily intervals.

- Detrimental climatic factors for production. - (4) None; (3) precipitation; (2) Temperature; (1) Relative humidity; (0) Precipitation, Temperature, Relative humidity.

$$^{(IA)} = \frac{(A1 + 2A2 + 2A3 + A4)}{6} + \frac{(B1 + B2 + B3 + 2B4)}{5} + \frac{(2C1 + C2 + C3 + C4 + 2C5 + C6)}{8}$$

Analysis of the social dimension

- To assess whether the systems were economically sustainable, the following indicators and sub-indicators were established:

- A. Satisfaction about basic needs: A sustainable system is one in which farmers have their basic needs completely assured. It includes housing, education, health, services.

- Housing. - (4) Housing with 2P finishes; (3) Homes with 1P finishes; (2) Unfinished homes 2P;

(1) Unfinished homes 1P; (0) Without accommodation.

- Access to education. - (4) Superior; (3) Secondary; (2) Primary and Secondary/Restrictions;

(2) Primary: (0) Without access.

- Access to health. - (4) Hospital; (3) Sub-center; (2) Surgeries of the Ecuadorian Social Security Institute; (0) It does not exist.

- Tenure of the land. - (4) Own; (3) Inheritance; (2) Possession; (1) In Expropriation Process; (0) Invasion.

- Satisfaction with the agricultural system. - (4) Very satisfied; (3) Satisfied; (2) angry pleased;

(1) Less satisfied; (0) Disappointed.

- Level of acceptance of new practices. - (4) Very high; (3) High; (2) Average; (1) Low; (0) null.

- Disposal of waste. - (4) Delivered to collection centers; (3) Store and remove them; (2) Store and deliver; (1) Delete frequently; (0) Burn it.

- Dedication time to the farm. - (4) 12 h; (3) 8 h; (2) 6 h; (1) 4 h; (0) Less than 4 h.

- Generation of Relay. - (4) More than 3 children; (3) From 2 to 3 children; (2) 1 to 2 children;

(1) 1 child; (0) None.

- A. Social integration: The relationship with other members of the community was evaluated. - (4) Very high; (3) High; (2) Average; (1) Low; (0) Null.

B. Ecological awareness

- Suitability of the soil on the property. - (4) Very Adequate; (3) Apt; (2) Moderately Fit; (1) Marginally Fit; (0) Do not know

- Irrigation water aptitude. - (4) Excellent; (3) Good; (2) Permissible; (1) Doubtful; (0) Not suitable.

$$IS = \frac{2 \left(\frac{A1 + 2A2 + A3 + A4 + 2A5 + A6 + A7 + A8 + 2A9}{12} \right) + B + \left(\frac{C1 + C2}{2} \right)}{4}$$

As can be seen, all the variables received values within the same scale ranging from 0 (less sustainable) to 4 (more sustainable). This standardization homogenizes the results and favors its interpretation. Sarandón and Flores (2009) recommend a scale with 4 or 5 values; one from 0 to 10 is so broad that it could make it difficult to define categories and lead to the assignment of coherent values to all categories. It is important to mention that the indicators that will be used must be selected before going to the field, not later, since the choice of an indicator indicates the role played by the indicator in the sustainability of the system to be evaluated. The same can be said for each of the variables to be used. Overall's sustainability index. To calculate this index, it was agreed that the formula would be the same as proposed by Sarandón et al. (2006). The three dimensions receive the same evaluation because, in an adequate vision of sustainability, they must have the same importance and, therefore, the same value. The proposed formula is the one shown below:

$$ISG = \frac{IE + IA + IS}{3}$$

In the process of validation of the indicators, sub-indicators and the assigned categories, it was obtained as results that only 15 of the 32 people selected, turned out to be experts, the same ones that with the Delphi method reached a coefficient of competence (K) $0.8 \leq K \leq 1.0$ which gives them a K = High; then, with the Kendall Coefficient of Concordance statistical test model and the Cronbach's alpha, the degree of coincidence of the assessments made by the experts whose values reached were 0.997 and 0.712 respectively.

Conclusions

The development of indicators for each of the dimensions of sustainability is adequate to detect critical points of the same, establish its causes and propose medium and long-term solutions.

This methodology involves a participatory activity and it's applicable to a wide range of agroecosystems (farms) in a series of geographic and socioeconomic contexts, as long as some indicators are replaced by others that are relevant for the agroecosystem to be evaluated.

A coefficient of Kendall very close to one and a satisfactory Cronbach's Alpha were obtained, since the coefficient is higher than 0.6 which indicates a satisfactory internal consistency, which means that the constructed instrument was understood by the surveyed.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest in this publication at any stage.



Bibliographic references

- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I., (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 17-24. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6866/A2039e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Astigarraga, E. (2008). El método Delphi. San Sebastián: Universidad Deusto. https://www.academia.edu/1778724/El_M%C3%A9todo_Delphi._Universidad_de_Deusto
- Bellamy, A. (2013). Banana production systems: Identification of alternative systems for more sustainable production. *Ambio*, 42(3), 334-343 <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-012-0341-y>
- Bójorquez, J., López, L., Hernández, M. y Jiménez, E. (2013). Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad de un instrumento de medición de satisfacción del estudiante en el uso de Software Minitab. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity*, 1-9. <http://laccei.org/LACCEI2013-Cancun/RefereedPapers/RP065.pdf>
- Chiappe, M., y Sarandón, S. J. (2002). *Dimensiones sociales de la agricultura sustentable*. p. 61-76. En *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*. http://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/965_academicas_academicaarchivo.pdf
- Costanza, R and Daly, H. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6, 37-46. In: Harte (1995) Ecology, sustainability and environment Agroecología as capital. *Ecological Economics*, 15: 157-164 <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- EcuRed. (2018). Coeficiente de Kendall [EcuRed: Conocimiento con todos y para todos]. Recuperado de Coeficiente de Kendall website: https://www.ecured.cu/Coeficiente_de_Kendall
- Escobar-Pérez, J., Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1), 27-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2981181>
- Evia, G. and Sarandón, S. J. (2002). Aplicación del método multicriterio para valorar la sustentabilidad de diferentes alternativas productivas en los humedales de la Laguna Merín, Uruguay. *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Sarandón S. J. (Ed.). *Ediciones Científicas Americanas*, 431-448. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34289897/Cap22-Indicadores_de_Sustentabilidad-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1629395260&Signature=Q8grfs8rPzXftPVR9cYIgywY~Z3zQJj0xBteV0rv02cj~r-46wn26OeUhZURdNcQRtdXb7yMBD-o7RqDeeNDjiH0FO2-LGI-H9OiR5IVqzQL1wGb9d64WHXr3uFdXSnlgorfXlmpT1ITULIHM9LHwtXboQQB6GiVn0OEh~HFwrGasTJjCvLZ0EBNfq6Cbleo md3yH3dG3iRT2TvvkwI5mDIbu3oozDGLexuINFfiF8zk--aTw~sGr5iqhEydrLUyCNt~HU44XF48kU-RXZ-3VtSMYD0Y~Nbjc-nf~j-sa6mgfbC5wUc13SaRZ1naiE40aqh9PPBLRw6rlsoHKQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Flora, C. B., Meares, M. and Bellows, B. A. (1995). *Indicators of sustainability: community and gender*. En: Proceedings of the Indicators of Sustainability Conference and Workshop 1-5 A1994 Arlington, Va. (EUA). Washington State University, Washington, DC (EUA), Dept. of Agricultural Economics. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=iicacr.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf n=020170>
- Flores, C. and Sarandón, S. (2004). Limitations of neoclassical economics for evaluating sustainability of agricultural systems: Comparing organic and conventional systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24(2), 77-91. doi: 10.1300/J064v24n02_08. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J064v24n02_08
- García, M. y Suárez, M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2), 253-267. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662013000200007
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2011). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>
- Lind, D., Marchal, W. y Wathen, S. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Décima Quinta ed. México: McGraw-Hill. https://www.academia.edu/16035082/Estadistica_aplicada_a_los_negocios_y_la_economia_15_edicion
- Maldonado, A., Martínez, A., Córdoba M, Ronquillo, P., Magallanes, M., Robayo, C., Quinto, B. y Pin, P. (2007). *Impacto de las fumigaciones aéreas en las bananeras de las ramas Salitre-Guayas*. Acción Ecología-FEDESOR-Juvenil de Salitre: Ecuador. <https://danwatch.dk/dw-content/uploads/2017/11/Estudio-en-Las-Ramas-Salitre.pdf>

- Malhotra, N. (2008). *Investigación de Mercados*. México: Pearson Education. https://www.academia.edu/11400390/Investigacion_de_Mercados_5ta_Edicion_-_Naresh_K._Malhotra
- Mendoza, G. A. and Prabhu, R. (2000). Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131(1-3), 107-126. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112799002042>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2013). *Informe sobre catastro de Banano, MAGAP. Quito*. <https://www.agricultura.gob.ec/sipa/>
- Müller, S. (1994). *Development of a framework for the derivation of sustainability indicators and application to the framework in the Rio Reventado Watershed in Costa Rica*. pp. 14-42. En: SANREM CRSP-Bellows, B. Proceedings of the Indicators of Sustainability Conference and Workshop. Washington State University. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=iicacr.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf n=020174>
- Oñate, N., Ramos, L. y A. Díaz. (1998). Utilización del método Delphi en la pronosticación: Una experiencia inicial. Cuba. *Economía Planificada*. 3(4), 9-48, La Habana, Cuba. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubsalpub/csp-2013/csp132g.pdf>
- PRO ECUADOR. (2016). *Análisis Sectorial Banano 2016*. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. <https://www.proecuador.gob.ec/>
- Putnam, R., Leonardi, R. and Nanetti, R. (1994). *Making democracy work: Civic traditions in modern Italy*. Princeton University Press. http://assets.press.princeton.edu/about_pup/PUP100/book/7gPutnam.pdf
- Reguant-Álvarez, M. y Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. REIRE. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 9(2), 87-102. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/110707>
- Sarandón, S. (2002). *El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas*. En: Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable (Sarandón SJ, ed.). Ediciones Científicas Americanas, Capítulo 20: 393-414. <https://wp.ufpel.edu.br/consagro/files/2010/10/SARANDON-cap-20-Sustentabilidad.pdf>
- Sarandón, S. y Flores, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19-28. https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/28.pdf
- Sarandón, S., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Janjetic, L. y Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de Fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19-28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14>
- Streiner, D. (2003). Starting at the beginning: An introduction to coefficient alpha and internal consistency. *J Pers.*, 99-103. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15327752JPA8001_18

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Oscar Caicedo-Camposano	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Carlos Balmaseda-Espinosa	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Dalton Cadena-Piedrahita	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Eleonora Layana-Bajaña	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.





Evaluación de las condiciones higiénicas sanitarias en la elaboración de alcohol artesanal en Manabí

Evaluation of the hygienic sanitary conditions in the elaboration of artisanal alcohol in Manabí

Autores

✉ ¹*Gissela Nevárez-Loor

✉ ²Frank Intriago-Flor

✉ ³José Luis Plua-Barcia

¹Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.

²Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

³Investigador independiente, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Nevárez-Loor, G., Intriago-Flor, F. y Plua-Barcia, J. L. (2021). Evaluación de las condiciones higiénicas sanitarias en la elaboración de alcohol artesanal en Manabí. *La Técnica*, 11(1), 28-33. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v0i25.3160>

Recibido: Noviembre 02, 2020

Aceptado: Diciembre 20, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

La producción de aguardiente de caña en la provincia de Manabí es una actividad desarrollada desde tiempos ancestrales, manteniéndose de generación en generación como fuente de ingresos económicos. La investigación tuvo como objetivo evaluar las condiciones higiénicas sanitarias en la elaboración de alcohol artesanal en la provincia de Manabí. Para la recolección de los datos se tomaron muestras de 40 productores de aguardiente de caña, a los cuales se les realizó un diagnóstico inicial de las condiciones higiénicas sanitarias que aplican en el proceso de elaboración. Se elaboró una herramienta de evaluación basado en los requerimientos establecidos en la Normativa Técnica Sanitaria de Alimentos-Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, el mismo que incluyó aspectos relacionados con: instalaciones y equipos, higiene del personal; y operaciones de producción. Según el análisis de varianza hubo diferencias significativas, es decir, no cumplieron con los requisitos establecidos por la ARCSA, lo que mostró la falta de inocuidad en el producto final, considerándose un factor de riesgo para quienes consumen alcohol artesanal.

Palabras clave: alcohol etílico; caña de azúcar; higiene; inocuidad.

Abstract

The production of sugar cane liquor is an activity developed since ancient times in the province of Manabí, practiced through family generations as primary economic income source. This research had as an objective to assess the sanitary hygienic conditions in the production of artisan sugar cane liquor in the province of Manabí. To data collection 40 samples from sugar cane producers were gathered. An initial assessment of sanitary conditions of producing facilities were accomplished. An evaluation tool based on the requirements of the Ecuadorian National Sanitary Authority (ARCSA) for foods and drugs was developed, according to ARCSA-DE-067-2015-GGG rule, which considers issues related with facilities and equipment, personnel hygiene and production operations. According to the variance analysis there are significative differences, so samples do not comply with the requirements established by the national sanitary authority, which derives in a lack of safety in the final product, being this a risk to health for sugar cane liquor consumers.

Keywords: ethyl alcohol; sugar cane; hygiene; safety.

Introducción

Mantener la inocuidad de los alimentos se ha convertido en uno de los principales desafíos que busca minimizar los problemas que se presentan en toda la cadena productiva con el fin de conservar las características nutricionales, organolépticas y comerciales, componentes de la calidad total de los alimentos (Palomino et al., 2018); además, de ser una responsabilidad de todo el personal que actúa directa o indirectamente sobre la línea de producción y abastecimiento de la materia prima (Ortiz et al., 2018).

En Ecuador, la caña de azúcar se cultiva en los trópicos y subtrópicos, se utiliza para el consumo interno sin lograr que este sea competitivo (Iñiguez et al., 2018). El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE, 2016) indicó que la producción de caña de azúcar entre cañicultores e ingenios obtuvo un promedio de 83 toneladas de caña por hectáreas. Manabí es una provincia conocida por su potencial agrícola, entre los que se destaca la producción de la caña de azúcar (Cartay et al., 2019), siendo esta una de las fuentes de ingresos económicos de las distintas familias que se dedican a esta actividad, la misma que se ha mantenido de generación en generación.

En Junín el 84% de los habitantes se dedican al cultivo de caña de azúcar (Palacios y Amén, 2012), para lo cual han desarrollado técnicas acordes a sus condiciones con la finalidad de dar valor agregado a esta materia prima de manera artesanal por medio de la elaboración de panela, dulces y aguardiente denominado “currincho”, que es una bebida alcohólica (licor) elaborada de manera artesanal (Cartay et al., 2019).

En Ecuador existen disposiciones gubernamentales que garantizan la calidad de los productos elaborados y los procesos aplicados para su obtención, acatándose a las disposiciones establecidas para las industrias grandes o el pequeño sector industrial que en efecto es útil para la transformación y elaboración de instrumentos de consumo humano (Galvis et al., 2018). El Estado ecuatoriano como garante y protector de la salud, expidió el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG, Tercer suplemento, el mismo que entró en vigencia el 21 de diciembre del 2015 (Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, (ARCSA), 2016) considerando los lineamientos generales para cada uno de los procesos.

Las BPM son una herramienta básica para la obtención de productos seguros e inocuos destinados para el consumo humano y autoconsumo con la aplicación de procesos higiénicos y en condiciones sanitarias necesarias para disminuir los riesgos potenciales que puedan ocasionar afectaciones a la salud (Bastías et al., 2013), considerando la aplicación de estrategias que permitan mantener la sustentabilidad económica, ambiental y social (Tamayo et al., 2018). Entre los principales productos objeto de seguimiento sanitario se encuentran los lácteos, bebidas alcohólicas, derivados de la pesca, cárnicos, ovoproductos, frutas y legumbres, entre otros productos destinados para la alimentación (ARCSA, 2018).

La producción de alcohol artesanal es una actividad que se ha desarrollado desde la antigüedad con la aplicación de procesos artesanales adaptados a la disponibilidad de los recursos. Esta labor inició con la destilación de hierbas y plantas de excelentes propiedades naturales que se utilizaban para sanar enfermedades y de allí la inclusión de nuevas plantas con características deseadas para este proceso (Múñoz, 2017). Según Ponce y Bermeo (2011), en Ecuador se produce anualmente un aproximado de 51 millones de litros de alcohol.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 1997), definió al aguardiente de caña como un producto obtenido mediante la fermentación alcohólica y destilación de jugos y otros derivados de la caña de azúcar. El grado alcohólico a 20 °C puede oscilar entre 28 y 50% v/v. El aguardiente de caña posee muchas propiedades (apariencia, sabor, aceptabilidad del consumidor) y riesgos para la seguridad, entre los que se destacan la contaminación química debido al uso de agrotóxicos; corrosión metálica por falta de equipos de uso alimentario y microbiológica por falta de agua tratada en los procesos de limpieza (Marquez et al., 2018).

Por lo expuesto anteriormente el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar las condiciones higiénicas sanitarias en los establecimientos dedicados a la elaboración del alcohol etílico artesanal en el sitio Agua Fria del cantón Junín, Ecuador.

Metodología

La presente investigación se desarrolló en las plantas procesadoras de alcohol artesanal ubicadas en el sector Agua Fria, del cantón Junín, de la provincia Manabí, ubicadas en las coordenadas 00°54.283' S y 080°09.995' W.

Para la selección de una población de 200 productores de aguardiente de caña, se escogió una muestra del 20%, que constituyó 40 productores, a los cuales se les realizó una entrevista y se procedió con el diagnóstico inicial de las condiciones higiénico-sanitarias que se aplicaron durante el proceso de elaboración de alcohol etílico.

Para aquello se elaboró una ficha evaluativa basada en los requerimientos establecidos en la Normativa Técnica Sanitaria para Alimentos Procesados, Plantas Procesadoras de Alimentos, Establecimientos de Distribución, Comercialización, Transporte y Establecimientos de Alimentación Colectiva (validada mediante Resolución ARCSA-DE-067-2015-GGG) (ARCSA, 2016), estructurada de la siguiente manera: instalaciones y equipos (infraestructura, servicios básicos, equipos y utensilios), higiene personal (personal con indumentaria adecuada, conocimientos sobre Buenas Prácticas de Manufactura, estado de salud del personal) y operaciones de producción (materias primas, procesos, almacenamiento de productos, comercialización).

Se efectuó un análisis de ANOVA de un factor, aplicando la prueba de homogeneidad de Duncan, con un intervalo de confianza del 95%, mediante un software SPSS, versión 10.

Resultados

En la tabla 1 se describen los resultados de los criterios de valoración para los parámetros servicios básicos, equipos y utensilios, los cuales mostraron que la valoración del no cumplimiento presentó diferencias significativas con el criterio de cumplimiento en los parámetros evaluados (instalación y servicios básicos), en tanto que en los equipos y utensilios no se mostró diferencias significativas, lo que indicó que a pesar de cumplir estos parámetros no se contó con una correcta distribución de las instalaciones y por ende la falta de un buen abastecimiento en los servicios básicos.

Tabla 1. Escala de la pudrición de la vaina.

Parámetros	Cumple*	No cumple*	p-valor	D.E.
Instalaciones	12,00 a	28,00 b	0,0001	±10,76
Servicios básicos	0,00 a	40,00 b	0,0001	±0,01
Equipos y utensilios	13,00 a	27,00 a	0,1717	±15,99

* Las medias con una letra en común no fueron significativamente diferentes ($p>0,05$). Fuente: IRRI (2002). Abreviatura: D.E.= desviación estándar.

De acuerdo con los resultados de la tabla 2, se describen diferencias significativas con relación al cumplimiento y no cumplimiento de los requisitos estipulados para el personal que ejecutó las actividades de producción.

Tabla 2. Análisis de varianza del cumplimiento de los requisitos para el personal.

Parámetros	Cumple*	No cumple*	p-valor	D.E.
Personal	2,00 a	38,00 b	0,0001	±2,40

*Las medias con una letra en común no fueron significativamente diferentes ($p>0,05$). Abreviatura: D.E.= desviación estándar.

La tabla 3 describe el análisis de varianza de parámetros materias primas e insumos, operaciones de producción, envasado, etiquetado y almacenamiento y aseguramiento de la calidad en la elaboración de alcohol artesanal en la provincia de Manabí, los cuales dieron como resultados diferencias significativas entre cumplimiento y no cumplimiento de las normativas pertinentes, lo que directamente denotó los problemas sanitarios que se presentaron en cada una de las plantas de procesos.

Tabla 3. Análisis de varianza de los parámetros materias primas e insumos, operaciones de producción, envasado, etiquetado y almacenamiento y aseguramiento de la calidad.

Parámetros	Cumple*	No cumple*	p-valor	D.E.
Materias primas e insumos	3,00 a	37,00 b	0,0001	±2,87
Operaciones de producción	1,00 a	39,00 b	0,0001	±0,45
Envasado, etiquetado y almacenamiento	5,00 a	35,00 b	0,0001	±4,71
Aseguramiento de la calidad	0,00 a	40,00 b	0,0001	±0,0045

*Las medias con una letra en común no fueron significativamente diferentes ($p>0,05$). Abreviatura: D.E.= desviación estándar.

Discusión

Al evaluar los resultados del cumplimiento de los requisitos establecidos para las instalaciones de las áreas de procesos de las plantas de elaboración de aguardiente artesanal no mostraron diferencias significativas ($p>0,05$), entre el cumplimiento y no cumplimiento de los parámetros considerados en este aspecto. Dentro de este se encontró que en 28 de los 40 locales no cumplieron con los requisitos y en 12 de ellos cumplieron con los requisitos establecidos por el ARCSA.

En cuanto a las instalaciones el 28% de las plantas de procesos no poseen un buen diseño de infraestructura referente a la distribución de cada una de las áreas. En este parámetro se tuvo que el 40% de microempresas no contaron con baterías sanitarias.

La falta de infraestructura en el área de producción se volvió un foco de insalubridad por la presencia de agentes de contaminación tales como plagas, roedores, partículas físicas como polvo y materiales extraños, los cuales fueron considerados problemas que pueden generar una contaminación cruzada entre cada una de las áreas disponibles en la planta de procesos (Ugalde et al., 2018).

Los servicios básicos presentaron diferencias significativas ($p<0,05$) entre el cumplimiento y no cumplimiento; en este parámetro se encontró que de las 40 microempresas ninguna de ellas contó con los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y de los sistemas de recolección de basura. Bustamante y Bustamante (2017) mencionaron que la prestación de los servicios básicos es responsabilidad de los gobiernos de turno con el fin de ayudar al desarrollo de las actividades; sin embargo, los resultados demostraron inconvenientes en cuanto a la disponibilidad de estos servicios, lo que de una u otra manera influyó sobre el desarrollo socioeconómico de las empresas (Hablich et al., 2018).

En cuanto al sistema de desagüe de las aguas residuales provenientes de los procesos de la elaboración del alcohol, no fueron tratadas de manera adecuada, siendo un factor que desencadenó contaminación ambiental y del área donde se desarrollaron las actividades de producción.

González et al., (2019) mencionaron que el sector de las PYMES (pequeñas y medianas empresas) en su mayoría denotaron estas dificultades por la falta de políticas ambientales que permitieron establecer medidas para prevenir significativamente los impactos ambientales, tratamiento y reducción de los desechos y minimizar el uso de recursos obtenidos del ambiente; por su parte Aguirre (2017) indicó que estos problemas se agravaron por la falta de un sistema estático y desactualizado sobre el manejo de todos los residuos, por lo que se hace necesario implementar normativas sanitarias que garanticen el cumplimiento de las mínimas condiciones sanitarias.

En cuanto a los equipos y utensilios los resultados del análisis estadístico mostraron que no se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$), entre las variables de evaluación. Se tuvo que en 27 locales no cumplieron, y que en 13 de ellos cumplieron con los requisitos establecidos. Dentro de esto se encontró que las plantas de procesos contaron con los materiales adecuados, limpios y en buen estado; sin embargo, se evidenció que el área de contacto presentó un riesgo de contaminación por microorganismos

generados por la acumulación de ciertos remanentes obtenidos en los procesos de alcohol. Sánchez et al. (2016) describieron que estos problemas desencadenaron en la contaminación de los alimentos, debido a que los factores extrínsecos e intrínsecos favorecieron la supervivencia y proliferación de los microorganismos, lo que generó riesgos de transmisión de enfermedades y consiguio la repercusión en la productividad económica. En este aspecto, se asociaron otros problemas por no tener un área adecuada para los equipos y la falta de mantenimiento y calibración de los mismos.

En los resultados del parámetro de evaluación del cumplimiento de los requisitos para el personal que laboró en la planta de procesos, se presentaron diferencias significativas entre el cumplimiento y no cumplimiento de este requisito. En su mayoría se mostró que, en 38 de las plantas, el personal que laboró no contó con los conocimientos necesarios sobre la aplicación de las BPM; además, de la falta de capacitación en cuanto a los procesos que en este tipo de plantas se desarrollaron y el uso de una correcta indumentaria.

Otro de los problemas que se encontraron en este parámetro fueron la falta de rótulos de señalización y la entrada de personal no autorizado en la planta. Estudios realizados por Díaz y Carrillo (2016) indicaron que, en las industrias cerveceras de Ecuador, el 44% de las empresas no cumplieron con los requisitos de higiene personal, en los que se consideró como base la utilización de vestimenta adecuada y limpia.

Los resultados de los requisitos establecidos para las materias primas e insumos mostraron que hubo diferencias significativas entre el cumplimiento y no cumplimiento. Los resultados mostraron que en tres de los cuarenta locales cumplieron con los requisitos y en 37 no cumplieron.

En este parámetro se encontró que la mayor parte de las plantas visitadas no contaron con la aplicación de normas que permitieron receptor de manera adecuada las materias primas y efectuar el respectivo control durante cada una de las etapas. Además, la falta de un área específica para la recepción de materias primas. González et al., (2019) especificaron que fue necesario aplicar un sistema que permitió la gestión durante las etapas, aplicando las respectivas normas de seguridad, con el fin de garantizar la inocuidad de la materia prima.

En cuanto a las operaciones de producción los resultados mostraron diferencias significativas en las dos variables respuesta, se encontró que en 39 de los locales no cumplieron con los requisitos establecidos y tan solo en uno de ellos cumplieron. De acuerdo a los resultados se tuvo que la mayor parte de las plantas de producción de alcohol etílico no aplicaron de manera correcta los procedimientos normados dentro de este tipo de plantas, además de la falta de condiciones óptimas de humedad y temperatura.

En este mismo parámetro, la planta no contó con un control de trazabilidad, tanto del producto terminado como de la materia prima. Nivela et al., (2019) coincidieron que dentro de los procesos de

industrialización de las materias primas en la industria ecuatoriana denotaron problemas que afectaron al normal desarrollo entre los que se encontraron la falta de recursos económicos con los que se pueda equipar y mejorar los procesos de transformación.

En el envasado, etiquetado y almacenamiento mostraron diferencias significativas entre una de las variables evaluadas. En este caso se tuvo que en cinco locales cumplieron con este requisito y en 35 de ellos no cumplieron. Respecto a este tema el incumplimiento se debió a la falta de condiciones adecuadas para el almacenamiento de los envases, para el envasado y etiquetado del producto.

En el caso de los vehículos que utilizaron cada una de las plantas de procesos para el transporte del producto no cumplieron con los requisitos necesarios para efectuar la respectiva distribución de los mismos, hasta los diferentes canales de comercialización; entre los principales problemas se encontró la falta de un vehículo destinado únicamente a la distribución de los productos, además de la falta de la aplicación de procedimientos de limpieza y desinfección posterior a cada una de las actividades.

En lo que respecta al aseguramiento de la calidad del producto y de cada uno de los procesos los resultados del análisis estadístico mostraron diferencias significativas. En este caso ninguna de las plantas dispone de la aplicación de normas de inocuidad que permitan obtener un producto que cumpla con los requisitos establecidos para este tipo de procesos; entre los problemas se encuentra la falta de análisis físico químico y microbiológico del alcohol artesanal y del agua que se utiliza en cada uno de las etapas de producción. Adicional a esto se denota la falta del control de plagas y desinfección del área en donde se ejecutan las actividades de producción. Tamayo et al. (2018), al realizar un diagnóstico del incumplimiento de las normas sanitarias en una industria procesadora de licores y jugos documentaron un total del 38%, las conformidades parciales un 20% y cumplimientos con oportunidades de mejora con un 16%, por ello describen la importancia de realizar este tipo de análisis, ya que conlleva a mejorar la calidad del producto final.

Conclusiones

En la evaluación de las condiciones higiénicas sanitarias se evidenciaron que en su mayoría los establecimientos destinados a la producción de alcohol etílico artesanal no cumplen con los requisitos de instalaciones y equipos, higiene del personal y operaciones de producción establecidos por los organismos de regulación y control sanitario, lo que en consecuencia se convierte en un problema para la salud de los consumidores debido a la falta de inocuidad que existe en las diversas etapas de producción como son la recepción de materias primas, transformación de alcohol y almacenamiento de producto terminado. Además, a esto se suma la falta de regularización de los productos para poder comercializar y competir en el mercado local.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Aguirre, C. (2017). La inocuidad en el proceso productivo del cacao en las Mipymes. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 1(5), 52-63. <http://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/61>
- Agencia Nacional de Regulación Control y Vigilancia Sanitaria (ARSA). (2018). Buenas prácticas de manufactura de alimentos procesados. <https://www.acreditacion.gob.ec/buenas-practicas-manufactura-alimentos-procesados/>
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARSA). (2016). Normativa técnica sanitaria para alimentos procesados. No. ARCSA-DE-067-2015-GGG. <https://www.controlsanitario.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/12/Resoluci%C3%B3n-ARCSA-DE-067-2015-GGGNormativa-unificada-de-Alimentos.pdf>
- Bastías, J., Cuadra, M., Muñoz, O. y Quevedo, R. (2013). Correlación entre las buenas prácticas de manufactura y el cumplimiento de los criterios microbiológicos en la fabricación de helados en Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2), 161-168. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000200011>
- Bustamente, M. y Bustamante, C. (2017). Modelo de desarrollo organizacional de las empresas públicas para impulsar los proyectos de desarrollo socio económico en la provincia de Manabí (Ecuador). *Revista Espacios*, 38(41), 1-12. <http://www.revistaespacios.com/a17v38n41/a17v38n41p09.pdf>
- Cartay, R., García, M., Meza, D., Intriago, J. y Romero, F. (2019). Caracterización económica de un productor de aguardiente en Junín, Manabí, Ecuador. *Revista ECA Sinergia*, 10(1), 85-97. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6819755>
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). (2016). *Informe Anual 2016. El Triunfo, Ecuador*. <http://cincae.org/wpcontent/uploads/2013/04/Informe-Anual-2016.pdf>
- Díaz, A. y Carrillo, B. (2016). Evaluación del grado de cumplimiento de las BPM en la industria cervecera artesanal de la Región de los Ríos. *Revistas Agro Sur*, 44(1), 23-34. doi:10.4206/agrosur.2016.v44n1-03
- Galvis, D. y Arellano, A. (2018). Innovación tecnológica en Mipymes: análisis de una unidad productora de vino artesanal. *Revista de Economía y Administración*, 15(1), 33-52. <https://revistas.uao.edu.co/ojs/index.php/REYA/article/view/45/39>
- González, A., Capa, L., Luciani, L. y Zambrano, A. (2019). Gestión ambiental y competitividad de las PYMES del sector comercio en el cantón Machala, Provincia El Oro, Ecuador. *Revista Gestión*, 40(27), 1-11. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n04/19400417.html>
- González, G., Farán, K. y Fuentes, E. (2019). Desarrollo de un sistema de gestión de almacenamiento para empresas productoras de vino (caso-bodegas añejas ltda). *Revista de Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 6(1), 45-71. https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/PwTR9?_s=gWzTwONu0SFJwAM0gTDuECIk4%3D
- González, L., Mancilla, A., Sagnay, M., Johanna, E. y Cruz, M. (2019). *Beneficios de la importación de materia prima para la producción nacional en Ecuador*. Observatorio de la Economía Latinoamericana. <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/importacion-materia-prima.html>
- Hablich, F., Toala, I. y Agila, M. (2018). Las empresas públicas con economía mixta en el mercado de valores en el Ecuador. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 2(1), 784-799. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6732915>
- Íñiguez, A., Valle, L., González, M. y Ochoa, W. (2018). Análisis de la rentabilidad de la producción de caña de azúcar y sus derivados. Caso productores rurales de la parroquia de Malacatos-Loja, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 7(2), 65-75. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6977654>
- Marquez, A., Casagrande, G. y Alcarde, A. (2018). Propuesta de plan de buenas prácticas de manufactura, análisis de peligros y puntos críticos de control para destilerías de cachaça. *Revista Scientia Agrícola*, 75(5), 432-443. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0040>
- Muñoz, J. (2017). Transporte de aguardiente al Callao, por la Mar de Sur, 1777. *Revista Palimpsesto*, 151-160. <http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/palimpsesto/article/view/2890/2618>
- Nivela, J., Vera, C., Gil, R., Onofre, R. y Carrasco, G. (2019). Las pymes en el proceso de industrialización del cacao en la provincia de los Ríos, Ecuador. *Revista Investigación Operacional*, 40(1), 523-529. <https://rev-inv-ope.univparis1.fr/fileadmin/rev-inv-ope/files/40419/40419-10.pdf>
- Ortiz, A. y Márquez, D. (2018). Evaluación de proveedores en la cadena de abastecimiento en el sector alimenticio Ecuador-Colombia. Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium, 1-15. https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1091/EVALUACI%C3%93N_PROVEEDORES_CADENA_ABASTECIMIENTO_SECTOR_ALIMENTICIO_COLOMBIA_ECUADOR_CALI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pacheco, C., González, G., Macera, A. y Castro, A. (2018). Seguridad y soberanía alimentaria en el departamento

- del Meta-Colombia: Retos y oportunidades. *Revista GEON (Gestión, Organizaciones y Negocios)*, 5(2), 82-95. <http://revistageon.unillanos.edu.co/index.php/geon/article/view/9/66>
- Palacios, N. y Amén, J. (2012). La cadena de valor en la producción de la caña de azúcar en el cantón Junín. *Revista ECA Sinergia*, 3(1), 6-10. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/ECASinergia/article/view/135/759>
- Palomino-Camargo, C., González-Muñoz, Y., Pérez-Sira, E. y Aguilar, V. (2018). Metodología Delphi en la gestión de la inocuidad alimentaria y prevención de enfermedades transmitidas por alimentos. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(3), 483-490. doi:<https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2018.353.3086>
- Ponce, M. y Bermeo, M. (2011). Aprovechamiento de levadura recuperada de la fermentación en destilería. Guayaquil, Ecuador. <https://pdfs.semanticscholar.org/e59f/250291327c20a1ac13ef86d929f95411a6d9.pdf>
- Sánchez, J., Colín, V., López, F., Avilés, F., Castelán, O. y Estrada, J. (2016). Diagnóstico de la calidad sanitaria en las queserías artesanales del municipio de Zacazonapan, Estado de México. *Revista Salud Pública de México*, 58, 461-467. doi:<https://doi.org/10.21149/spm.v58i4.8027>
- Servicio Ecuatoriano de Normailización (INEN.). (1997). *Bebidas alcohólicas. Aguardiente de caña*. Requisitos NTE INEN 362. Cuarta Revisión. Quito, Ecuador.
- Tamayo, F., Rodríguez, A., Oviedo, J. y Coral, K. (2018). Elaboración del sistema de gestión ambiental basado en buenas prácticas de manufactura en una empresa de jugos y licores. *Revista INNOVA Research Journal*, 3(3), 172-188. <http://201.159.222.115/index.php/innova/article/view/475/629>
- Ugalde, J., Rodríguez, M. y Romero, A. (2018). *Innovación en la ruta de acceso a las áreas de envasado y mezcla que evita la contaminación cruzada en el procesamiento de productos de una industria láctea*. VI Congreso Virtual Internacional Transformación e Innovación en las Organizaciones. <https://www.eumed.net/actas/18/trans-organizaciones/34-innovacion-en-la-ruta-de-acceso-a-las-areas.pdf>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Gissela Nevárez-Loor	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Frank Intriago-Flor	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
José Luis Plua-Barcia	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.



La hipocalcemia en vacas lecheras y sus alternativas diagnósticas en campo: Revisión

Hypocalcemia in dairy cows and its diagnostic alternatives in field: Review

Autores

✉ ¹*Gilma Susana Gallegos Rosales

✉ ²Carolina Fonseca Restrepo

¹Estudiante del Programa de Maestría en Medicina Veterinaria, mención Salud y Reproducción en Especies Productivas, Instituto de Posgrado de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

²Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Instituto de Posgrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja, Boyacá, Colombia.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Gallegos Rosales, G. S. y Fonseca Restrepo, C. (2021). La hipocalcemia en vacas lecheras y sus alternativas diagnósticas en campo: Revisión. *La Técnica*, 11(1), 34-47. DOI: <https://doi.org/10.33936/latécnica.v0i25.2590>

Recibido: Septiembre 02, 2020

Aceptado: Diciembre 02, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

La hipocalcemia puerperal es una enfermedad metabólica de alta prevalencia en hatos lecheros que afecta de forma significativa la salud del animal y la rentabilidad de la explotación. Su diagnóstico es determinado por serología, siendo un método poco frecuente por la necesidad de tener un resultado rápido y oportuno para el tratamiento adecuado y de esa forma evitar la muerte del animal. La información sobre el calcio y su homeostasis, la hipocalcemia, métodos de prevención y herramientas diagnósticas disponibles de campo, fue recopilada en esta revisión literaria por medio de motores de búsqueda confiables. Las herramientas diagnósticas de campo descritas abarcaron un amplio abanico de opciones en cuanto a costo, práctica y facilidad de implementación, logrando ofrecer estrategias de prevención de la enfermedad que permitirán un mejor manejo del hato con un impacto económico positivo.

Palabras clave: calcio; DCAD; fiebre de leche; hipocalcemia; EDTA.

Abstract

Puerperal hypocalcemia is a highly prevalent metabolic disease in dairy herds that significantly affects animal's health and farm's profitability. Its diagnosis is determined by serology, a rare method due to the need of quickly and timely results for adequate treatment and thus avoid the animal's death. Information on calcium and its homeostasis, hypocalcemia, prevention methods and diagnostic tools available on field, were compiled in this literary review through reliable search engines. The described field diagnostic tools cover a wide range of options in terms of cost, practice and ease of implementation, achieving to offer disease prevention strategies that will allow a better herd management with a positive economic impact.

Keywords: calcium; DCAD; milk fever; hypocalcemia; EDTA.

Introducción

El ganado bovino lechero se caracteriza por presentar mayores requerimientos nutricionales debido a su potencial genético y su máxima producción. Cuando estos requerimientos no son cubiertos adecuadamente, el animal está predispuesto a presentar desbalances nutricionales que conllevan a desordenes metabólicos. Estas alteraciones generan un impacto económico negativo dentro de la rentabilidad de la explotación ganadera. Tanto la selección genética, como la incorporación de técnicas de manejo para incrementar la producción lechera (Reinhardt et al., 2011), buscan abastecer la alta demanda creciente de leche y productos lácteos a nivel mundial (FAO, 2020), lo que provoca en los animales una mayor susceptibilidad a enfermedades metabólicas, especialmente desequilibrios de origen mineral (Ramberg et al., 1984 ; Champness, 2007; Albornoz et al., 2016).

La hipocalcemia puerperal es una de las enfermedades metabólicas con mayor impacto dentro de una explotación ganadera, su diagnóstico es realizado por medio de pruebas serológicas a nivel de laboratorio, donde existen varios métodos que miden el calcio sanguíneo (calcio total (tCa) o calcio ionizado (iCa-forma activa del calcio)) como son la fotometría de espectro de absorción atómica, precipitación de oxalato seguido de valoración, fotometría fluorométrica, titrimétrica, fotometría de llama y determinación fotométrica (Sandholm et al., 1979 Kennedy, 2011).

Rollin (2006), Guiducci et al. (2017) y Neves et al. (2018) en reportaron que la medición del Ca en forma ionizada es catalogada como prueba gold standard, mientras que Sweeney et al. (2014), Caixeta et al. (2017) y Rodríguez et al. (2017) respaldaron la medición de tCa por su menor costo y facilidad de determinación.

En cuanto al diagnóstico en campo, al ser una enfermedad de curso rápido, es necesario un diagnóstico acertado y ágil, determinado por la observación de los signos clínicos presentados por el animal. Una prueba de laboratorio es más específica, pero conlleva mayor inversión de dinero y lo más importante, tiempo (traslado de muestra, obtención de resultados).

Por esta razón, el análisis de laboratorio no es llevado a cabo rutinariamente, pasándose directamente al tratamiento de aplicación de calcio, aun sin tener la certeza del diagnóstico definitivo de la enfermedad, ya que esta puede confundirse con otras afecciones de origen metabólico como la hipomagnesemia, hipofosfatemia, síndrome de la vaca caída, mastitis tóxica, metritis tóxica, entre otros (Manual Merck de Veterinaria, 2000; Rollin, 2006; Goff, 2008). Aun cuando en la literatura se reporta investigaciones sobre la determinación diagnóstica de esta enfermedad, no se encuentran publicaciones que recopilen varios métodos para la determinación en campo de iCa o tCa en vacas, en periodo puerperal.

Rodríguez et al. (2017) reportaron que la hipocalcemia es una enfermedad que afecta comúnmente a todos los hatos lecheros, observándose prevalencias de hasta a un 78%; por lo que, es importante identificar pruebas que permitan el diagnóstico en campo rápido y efectivo (Rollin, 2006; Kennedy, 2011; Domino et al., 2017; Sepúlveda y Wittwer, 2017; Neves et al., 2018; Wilkens et al., 2020).

El objetivo de esta revisión fue recolectar información sobre la hipocalcemia y pruebas diagnósticas, que permitieron la medición de calcio en campo de vacas lecheras en el periodo puerperal.

Metodología

Búsqueda de literatura publicada

Se realizó la búsqueda de información sobre la enfermedad hipocalcemia en el periodo puerperal y sobre los métodos desarrollados para su detección en campo, que abarcó artículos publicados en inglés, español y alemán desde 1950 hasta 2020. Para su investigación se usó motores de búsqueda como Google Scholar (<https://scholar.google.es/>), Librería Nacional de Medicina a través de Pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) y ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>). La búsqueda se llevó a cabo entre el 13 de abril y 9 de agosto del 2020, incluyendo palabras clave: hypocalcemia, cow, cattle, diagnosis, DCAD (hipocalcemia, vaca, ganado vacuno, diagnosis, DCAD). Las publicaciones incluidas para la revisión fueron escogidas por su relación con el tema y contenido relevante y actual. Artículos recomendados en referencias fueron obtenidos a través de Google (www.google.com) o solicitados por correo al autor si no estaban disponibles en web.

Desarrollo

Calcio

El calcio (Ca) es el macromineral más abundante en el cuerpo y es esencial para la formación del esqueleto, componente de la leche, transmisión de impulsos nerviosos, contracción muscular, coagulación sanguínea y actividad enzimática. Actúa como mensajero secundario entre la superficie e interior de la célula, así como participa en el crecimiento celular, proliferación celular y activación de células del sistema inmunitario (Reinhardt et al., 1988; National Research Council (NRC), 2001; Hadžimusić and Krnić, 2012; Martinez et al., 2014; Wilkens et al., 2020).

Su distribución en el organismo se encuentra en un 98-99% en los huesos, un 1-2% entre citosol y líquido extracelular. En fluidos extracelulares se presenta en un 45% ligado a proteínas plasmáticas como la albúmina, 5% ligado a componentes orgánicos o inorgánicos de la sangre y en un 50% es Ca ionizado, en forma soluble que representa su forma activa (Reinhardt et al., 1988; NRC, 2001; Albornoz et al., 2016; Plumb, 2018).

Una de las formas de secreción del calcio es por medio de la producción de leche, en donde el animal puede producir de 10 a 20 kg de calostro en 24 horas al inicio de la lactancia, equivalente a unos 20 a 80 g de Ca, cantidad que excede el contenido disponible de Ca en fluidos extracelulares, que solo alcanza de 8 a 10 g, de los cuales tan solo 2,5 a 4 g se encuentran disponibles en el plasma (Reinhardt et al., 1988; Goff, 2000; Martínez et al., 2014; Sepulveda et al., 2017).

Homeostasis del calcio

El Ca se encuentra regulado de forma hormonal a través de la Parathormona (PTH), Calcitriol más comúnmente descrita como $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$ y la Calcitonina (CT) (Reinhardt et al., 1988; Horst et al., 2005; Alborno et al., 2016) la cual puede aparecer como respuesta a los altos niveles de PTH, dificultando la recuperación de los niveles normales de calcio (Rodríguez, 2015).

La PTH es secretada a nivel de la glándula paratiroides, su función es estimular la actividad de los osteoclastos a nivel de hueso para la liberación de Ca, reabsorción del mismo a nivel renal y síntesis de la $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$. El Calcitriol o $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$ es la forma activa de la vitamina D, es sintetizada en los riñones y en menor cantidad en piel, hígado y placenta. Actúa a través de la absorción de Ca a nivel intestinal, reabsorción en riñones y reducción de la eliminación por medio de la orina.

Tanto la PTH como el Calcitriol presentan acción hipercalcemiantes, la cual se presenta cuando se produce una disminución de Ca en fluidos extracelulares. La Calcitonina es secretada por la tiroides y presenta una acción antagonista a la PTH en respuesta a una hipocalcemia a través de la liberación de Ca mediante los riñones e inhibición de reabsorción en huesos (Adams y Hewison, 2012; Alborno et al., 2016). Durante el periodo seco, estos mecanismos se encuentran inactivos dado que los requerimientos de Ca se encuentran normalmente cubiertos por la dieta y es durante el periparto que los mecanismos actúan a fin de elevar los bajos niveles de Ca provocados por la alta producción de calostro (Horst et al., 1997; Corbellini, 2000).

Los tejidos involucrados en la homeostasis del calcio tienen un periodo diferente para reaccionar, los riñones tardan solo minutos en la reabsorción de calcio de fluidos tubulares (orina) y ocupan de 8 a 16 horas para incrementar el nivel de $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$ en plasma, en los intestinos se necesita de 12 a 24 horas para un incremento en las proteínas involucradas en la absorción de calcio, mientras que en los huesos el proceso de eliminación de tejido óseo para liberar calcio se inicia en minutos y puede tomar hasta 96 horas en vacas viejas (Goff, 2020).

Hipocalcemia

La hipocalcemia es una enfermedad metabólica provocada por un desequilibrio en los niveles de Ca en la sangre, que se presenta especialmente en vacas lecheras con altos niveles de producción y elevados requerimientos nutricionales necesarios para mantener la producción, tanto de calostro como de leche

durante toda la lactancia (Champness, 2007; Alborno et al., 2016). Puede presentarse entre las 24 horas postparto hasta 72 horas postparto (Contreras, 2002; Espino et al., 2005; Neves et al., 2017; Sepulveda et al., 2017) e incluso algunas vacas pueden permanecer en un estado de hipocalcemia subclínica durante los primeros 15 días postparto (Hadžimusić y Krnić, 2012; Fiore et al., 2020). Horst et al. (2005) reportaron que, en casos de enfermedad, hasta un 25% de los animales recaen en las siguientes 24 horas y deben recibir tratamiento adicional.

Respecto a los valores normales de calcio en las vacas adultas, la literatura reporta una gran variabilidad, encontrándose resultados de $8,5$ a $10 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ (Goff, 2008), $\geq 8,9$ a $11,0 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ (Herd et al., 2000), 10 a $12 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ (Manual Merck de Veterinaria, 2000), entre otros; pero coincidiendo en que niveles $< 8 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ y $< 4 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ en tCa y iCa, respectivamente, fueron considerados como hipocalcemia (Herd et al., 2000). De la misma forma, cuando los valores estuvieron por debajo de $5,5 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ de tCa el animal comenzará a presentar signos clínicos (da Silva et al., 2019).

La producción súbita de calostro en el momento del parto, produce una disminución leve de los niveles sanguíneos de Ca, los cuales se recuperan durante las 48 horas posteriores al parto (Goff et al., 2014), por medio de la absorción intestinal, resorción ósea y reabsorción renal (Ramberg et al., 1984). Cuando estos mecanismos son activados rápida y correctamente no se presenta la enfermedad dando origen a una hipocalcemia fisiológica (Contreras, 2002), caso contrario, cuando los niveles de Ca no son suficientes para mantener la producción de calostro, el animal presentará una severa hipocalcemia ya sea clínica o subclínica.

El deterioro de la homeostasis del calcio puede presentarse por factores tales como la síntesis y/o excreción insuficiente de PTH o de $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$, por una respuesta menor de los tejidos involucrados (huesos, riñones, intestino), disminución de calcio en la ingesta, por una hipomagnesemia que provoca reducción de la secreción del calcio y respuesta de tejidos a PTH y metabolismo de vitamina D ($1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$), por una hiperfosfatemia que interfiere en el metabolismo de la vitamina D, por alcalosis metabólica que afecta los receptores de PTH en huesos y riñones, por estrés que favorece la secreción de Calcitonina y su acción hipocalcemiantes y por el exceso de calcio en dieta lo que limita la absorción de calcio (Jorgensen, 1974; Reinhardt et al., 1988; Goff, 2000; Contreras, 2002; Goff, 2008; Alborno et al., 2016; Wilkens et al., 2020).

La hipocalcemia puede presentarse en forma clínica y subclínica y es conocida como Fiebre de leche, a pesar de ser una enfermedad afebril (Manual Merck de Veterinaria, 2000; Contreras, 2002; Horst et al., 2005) con hipotermia de $35,5^\circ \text{C}$ a $37,7^\circ \text{C}$, cuando los valores normales se encontraron dentro del rango de $38,3^\circ \text{C}$ a $39,4^\circ \text{C}$ (Horst et al., 2005). La presentación subclínica (SCH) de la enfermedad afectó a un mayor porcentaje del hato, alcanzando hasta un 48 a 50% e incluso 78% (Horst et al., 2003; Goff, 2008; Reinhardt et al., 2011; Rodríguez et

al., 2017; Sepulveda et al., 2017), mientras que la hipocalcemia clínica o Fiebre de leche (MF) alcanza un porcentaje menor de 5 a 6% (Goff, 2008; Reinhardt et al., 2011; Sepulveda et al., 2017) disminuyendo incluso hasta 1% en hatos con mayor y mejor control (Goff, 2008).

La prevalencia de la enfermedad se incrementó con el número de partos (Reinhardt et al., 2011), debido a la disminución en el número de osteoblastos disponibles, lo cual redujo la respuesta a la PTH disminuyendo la liberación de calcio, así como la reducción en receptores para la $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$ en el intestino (Goff, 2000; Goff, 2020; Wilkens et al., 2020).

La SCH es la presentación asintomática de la enfermedad y por ello de más difícil detección. La MF, por lo contrario, presentó una variedad de signos que pueden agruparse en tres estadios. Durante el estadio 1, la vaca puede mantenerse en pie, pero se muestra atáxica, con excitabilidad y sensibilidad, con movimientos de orejas y cabeza. En el estadio 2, el animal no puede mantenerse de pie y cae a una posición decúbito esternal, con signos de depresión, anorexia, hipotermia, taquicardia e intensidad cardíaca disminuida, rumen meteorizado, retención de orina y heces, pérdida de tono del esfínter anal y la cabeza extendida con cuello en forma de S. Durante el estadio 3, el animal pierde el conocimiento de forma progresiva hasta el estado comatoso, presentando flacidez muscular completa, disminución de latidos cardíacos y pulso indetectable hasta llegar a la muerte (Manual Merck de Veterinaria, 2000; Contreras, 2002).

Si el animal no es diagnosticado a tiempo, y llega al estadio 2 o 3 de la enfermedad, éste presentará un aplastamiento de los miembros posteriores que conllevará a un daño muscular, fracturas, dislocación y presión sobre la ubre. De esta manera, la confirmación del diagnóstico oportuno e instauración rápida del tratamiento evitará el avance acelerado de la enfermedad (Kennedy, 2011). Hibbs (1950) reportó que, sin el uso adecuado del tratamiento para la hipocalcemia, un 60 a 70% de los animales mueren.

El gran impacto de la hipocalcemia en la salud del animal y en la rentabilidad de la explotación se debe no solo por los gastos que concurren con la enfermedad, sino a los problemas asociados a la misma como es el caso de las distocias (Curtis et al., 1983; Houe et al., 2001), prolapso uterino (Risco et al., 1984; Houe et al., 2001; Hadžimusić y Krnić, 2012), reducción de motilidad uterina (Robalo Silva y Noakes, 1984), así como los posteriores al parto como son las retenciones placentarias (Curtis et al., 1983; Houe et al., 2001), metritis (Houe et al., 2001; Martínez et al., 2012), disminución en función ovárica (Caixeta et al., 2017), retraso en presentación de primer estro (Rodríguez et al., 2017), disminución de respuesta a los protocolos de sincronización relacionada a una involución uterina lenta y retraso en la primera ovulación postparto (McNally et al., 2014), disminución de

probabilidad de preñez al primer servicio (Chapinal et al., 2012; Caixeta et al., 2017; Venjakob et al., 2018), aumento de hasta 15 días en IEP (Martínez et al., 2012) y mastitis (Curtis et al., 1983; Houe et al., 2001; Goff, 2008).

También se encontraron estudios en donde se argumentaron alteraciones digestivas como la disminución de motilidad del abomaso y rumen (Goff, 2008) provocando desplazamiento del abomaso (Goff, 2008; Chapinal et al., 2011; Seifi et al., 2011; Hadžimusić y Krnić, 2012; Patelli et al., 2017), y a nivel humoral, celular y hormonal, la supresión de función de células inmunitarias mononucleares (Kimura et al., 2006; Sweeney et al., 2014) y de células polimorfonucleares alterando actividad fagocitaria dada por la reducción de Ca en citosol (Ducusin et al., 2003; Martínez et al., 2012), aumento en los niveles de cortisol (Horst y Jorgensen, 1982) que exacerba la inmunosupresión del parto (Goff y Horst, 1997b), disminución de concentraciones de insulina en plasma aumentando niveles de glucosa y movilización de lípidos (Littledike et al., 1968; Goff y Horst, 1997b; Martínez et al., 2014) los cuales incrementaron el riesgo de cetosis (Curtis et al., 1983; Goff y Horst, 1997b), así como también alteraciones en el metabolismo hepático (Chamberlin et al., 2013).

En cuanto a los resultados de producción animal, la hipocalcemia redujo la ingesta de alimento (Charbonneau et al., 2006; Martínez et al., 2014), produjo efecto negativo sobre la producción de leche (Block, 1984; Venjakob et al., 2018), generó mayor pérdida de peso en animales de segundo parto (Caixeta et al., 2015), e incrementó el porcentaje de eliminación de ganado durante los primeros 60 días postparto (Seifi et al., 2011; Venjakob et al., 2018).

Muchos de los problemas descritos anteriormente pueden presentarse en la SCH. Por esta razón es importante como medida diagnóstica realizar mediciones de los niveles de Ca (Van Saun, 2016; da Silva et al., 2019) en el periodo de estrés metabólico; es decir, antes del parto y después para identificar vacas que presentaron problemas (Van Saun, 1997). Al no estar familiarizados con métodos rentables (económicos y efectivos) para la medición de Ca en campo, suele ser imposible saber si la aplicación del Ca al postparto fue usado como tratamiento preventivo o curativo de la enfermedad (McArt y Oetzel, 2015).

El tratamiento de elección para restablecer la normocalcemia es la aplicación de borogluconato de calcio. Este puede administrarse de diferentes formas, en la vía intravenosa se utiliza en cantidades de 8,5 a 11,5 g $\text{Ca} \cdot 500 \text{ ml}^{-1}$ o realizando el cálculo de 2 g $\text{Ca} \cdot 100 \text{ kg}^{-1}$ de peso vivo corporal a una velocidad de 1 g $\cdot \text{minuto}^{-1}$ (Goff, 2008). Por la vía subcutánea, en aplicaciones de 0,5 a 1,0 g $\text{Ca} \cdot \text{inyección}^{-1}$ en 6 a 10 sitios diferentes. Respecto a la vía oral, éste tratamiento no fue recomendado cuando el animal se encontraba caído debido a la falta de motilidad en el sistema digestivo (Goff, 2008; Plumb, 2018).

Si el diagnóstico no es el acertado, los animales pueden presentar una hipercalcemia durante el tratamiento administrado, presentando problemas cardíacos o renales, así como también irritación venosa en el sitio del tratamiento o reacciones tisulares en los sitios de aplicación intramuscular o subcutánea (Plumb, 2018).

Prevención

En las explotaciones ganaderas es muy común encontrar el uso de métodos preventivos en el período preparto para estimular los mecanismos de absorción de calcio. Dentro de estos se encontraron: la administración en la dieta de sales aniónicas (DCAD), suplementación con bolos de calcio oral y dietas bajas en calcio (Thilting-Hansen et al., 2002).

Otros métodos menos usados fueron la administración de Parathormona, vitamina D y análogos, así como el control de los niveles de magnesio y carbohidratos dentro de la dieta. En los métodos productivos se encontraron la reducción de los días del período seco, el control de la condición corporal (Jorgensen, 1974 ; Manual Merck de Veterinaria, 2000; Oetzel, 2000; Thilting-Hansen et al., 2002; Horst et al., 2005; Alborno et al., 2016; Goff, 2020; Wilkens et al., 2020), ordeño a las vacas próximas en el período preparto y disminución del ordeño al inicio de la lactancia. Estos dos últimos métodos son menos usados por tener menos efectividad como aseguraron Salgado-Hernández et al. (2014), donde no registraron relación entre el Ca en suero y el Ca secretado a través del calostro.

Sales aniónicas con diferenciación catión-anión (DCAD)

Estas son administradas en la dieta por lo menos 10 días antes del parto (Oetzel, 2000; Thilting-Hansen et al., 2002). Su objetivo es provocar una acidosis compensatoria en el organismo del animal aumentando la capacidad de movilización del calcio desde los huesos, así como el incremento de la producción de $1,25(\text{OH})_2 \text{D}_3$ para la respectiva absorción intestinal. Estos mecanismos lograron equilibrar los niveles séricos de Ca cuando se presentó el descenso brusco en el momento del parto.

La forma de corroborar la efectividad de estas sales es a través del monitoreo del pH urinario, donde los rangos normales se encuentran entre 5,5 a 6,2 siendo $<6,5$ el valor para considerarse exitoso (Thilting-Hansen et al., 2002; Espino et al., 2005; Constable et al., 2009; Santos et al., 2019; Caixeta et al., 2020;). Según describió Wang et al. (2002) cuando se presentaron cambios en el pH, la unión de iones de Ca a proteínas plasmáticas como la albúmina se afectó debido a que estos iones compitieron con los iones de hidrógeno por los sitios de unión en estas proteínas.

De esta manera, cuando disminuyeron los niveles de calcio ionizado el pH aumentó (hubo incremento de la cantidad de iones H libres) y viceversa, indicando una unión más fuerte de calcio a proteínas en ambientes alcalinos. La importancia fisiológica de porque la unión de iones a proteínas dependió del pH y porque un estado de acidosis afectó el metabolismo del calcio, no se ha establecido (Thilting-Hansen et al., 2002; Wang et al., 2002), pero al registrarse niveles de iCa sanguíneo bajos se activaron los mecanismos de regulación del Ca, razón por la cual, es una herramienta adecuada para controlar los niveles de calcio.

El valor óptimo de DCAD aún no ha sido establecido como parámetro específico dentro de la literatura, esto se debe a que varios estudios han logrado resultados favorables con diferentes valores. Santos et al. (2019) en su meta-análisis determinaron que al reducir el DCAD de $+200$ a $-100 \text{ mEq} \cdot \text{kg}^{-1}$, se produjo un incremento de tCa sanguíneo en el día del parto de $1,86 \pm 0,05 \text{ mM}$ o $7,45$ a $8,18 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$. Esta revisión determinó que en los datos analizados el DCAD negativo no necesita ser menor a $-150 \text{ mEq} \cdot \text{kg}^{-1}$ de materia seca para lograr la disminución de la enfermedad y sus consecuentes complicaciones.

Para calcular el DCAD se requiere conocer que los aniones como cloruro, azufre y fósforo tienen carga negativa, mientras que los cationes como sodio, potasio, calcio y magnesio presentan carga positiva; los iones sodio, potasio, cloruro y azufre son considerados iones fuertes que tienen mayor impacto en el balance ácido-base (Oetzel, 2000). Las dietas DCAD altas en potasio y/u otros cationes, reducen la sensibilidad de tejidos a la PTH, produciendo un estado de pseudohipoparatiroidismo que disminuye la respuesta homeostática para el calcio (Goff y Horst, 1994; Goff et al., 2014).

Block (1984), Oetzel (2000), Charbonneau et al. (2006) y Goff et al. (2014) reportaron que la fórmula estándar más acertada para el cálculo del DCAD es:

$$[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})]$$

mientras que Charbonneau et al. (2006) reportaron en su meta-análisis otra fórmula como la más correlacionada con la incidencia de fiebre de leche y el pH urinario:

$$[(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + 0,6 \text{ S})]$$

A pesar de lograr equilibrar la dieta para los animales con el DCAD adecuado como método de prevención de la enfermedad, existe un gran problema por su baja palatabilidad. Por esta razón, ha sido incluida dentro de la sal mineralizada como alternativa para incrementar su consumo en el preparto (Reinhardt et al., 1988; Goff y Horst, 1997a; Thilting-Hansen et al., 2002; Espino et al., 2005; Alborno et al., 2016; Caixeta et al., 2020; Goff, 2020). A pesar de esto, Santos et al. (2019) y Goff et al. (2020) reportaron que este tipo de dietas ayudaron a aumentar la ingesta del animal en el postparto.

Suplementación de calcio oral

El suministro de los bolos se realiza con una dosis inicial justo después del parto y una repetición a las 12 horas como tratamiento preventivo, mientras que se inician los mecanismos reguladores que propicien la normocalcemia (Jorgensen, 1974 ; Wilkens et al., 2020). En algunos casos se recomienda 4 dosis, una preparto, la siguiente al parto y dos en las subsiguientes 12 y 24 horas (Alborno et al., 2016). Cada bolo aporta entre 40 a 50 g de calcio (Thilting-Hansen et al., 2002).

Este método presenta algunas desventajas dentro de las cuales está su periodo de acción ya que es de corta duración, pudiendo necesitarse más suplementación, además puede generar irritación en las mucosas del tracto gastrointestinal (Goff & Horst, 1994 Thilting-Hansen et al., 2002), así como la presentación de acidosis excesiva (Goff y Horst, 1993; Goff y Horst, 1994).

Dietas bajas en calcio

El requerimiento de calcio para una vaca seca en sus últimos 40 días de gestación es de 22,5 g (NRC, 2001). Por tal motivo, mantener los niveles de calcio en la dieta por debajo de esos valores, ayuda a prevenir que los mecanismos homeostáticos del calcio permanezcan inactivos y puedan por medio del feedback ser activados en el momento del parto, evitándose la caída brusca de las concentraciones de calcio en plasma (Boda & Cole, 1954; Goings et al., 1974; Green et al., 1981; Kichura et al., 1982; Ramberg et al., 1984; Wilkens et al., 2020). Kichura et al. (1982) argumentaron en su investigación, que para que este método sea efectivo, debe iniciarse al menos 14 días antes del parto, aunque Thilising-Hansen et al. (2002) y Wilkens et al. (2020) mencionaron que presentaron la dificultad del mantenimiento de una dietas con <20 g de calcio al día.

Después de dar una leve revisión a la enfermedad y sus posibles métodos de prevención y tratamiento, se enfocara en los métodos existentes de diagnóstico en campo de la enfermedad.

Herramientas de diagnóstico

Tests para medición de dureza del agua

Una forma de medir niveles de tCa es por medio del método de titulación o test comerciales en forma de tirillas (Kennedy, 2011). Fiore et al. (2020) determinaron, con un kit de química titrimétrica, niveles de tCa en muestras de plasma sanguíneo con una sensibilidad y especificidad de 88% y 83% respectivamente y resultados de $R^2 = 0,72$, $P < 0,001$ correlacionado con la prueba de referencia.

Dentro de los beneficios otorgados a esta técnica, se encuentra su facilidad de uso, rapidez (menos de 5 minutos) y bajo costo (€ 1,4 o \$ 1,65), aunque la desventaja existente es la necesidad de disponer de una centrífuga para obtención del suero sanguíneo y en las cantidades necesarias para la prueba (7 mL). Matsas et al. (1999) reportaron una sensibilidad y especificidad de 100 y 73% respectivamente, corroborando también la desventaja de la disposición de la centrífuga en campo. Este tipo de test también ha sido probado con éxito en ovejas, con unos resultados de correlación de $R^2 = 0,77$, $P < 0,001$ con el método estándar en laboratorio y con una sensibilidad de 83,3% y especificidad de 100% (Aktas et al., 2010).

Kennedy (2011) analizó la correlación existente entre los niveles de calcio encontrados en sangre y en la sudoración nasal (1 μL), reportando una correlación altamente significativa de $R^2 = 0,54$ y estableciendo niveles normales de calcio para sangre de 8 a 10 $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ y para sudor nasal de 8,5 a 9,9 $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$, sugiriendo el uso del test de dureza de agua en sudor nasal como método diagnóstico en la determinación de los niveles de calcio.

Tests de tirillas y papel para medición de pH

Algunos autores (Nappert & Naylor, 2001; Rollin, 2006; Kennedy, 2011; Lynch, 2016) recomendaron como método práctico y económico, el uso de tirillas para medición de pH en orina, normalmente usados para agua de piscinas, en determinación de niveles de acidificación y su relación con los niveles de calcio en vacas en dietas DCAD.

La desventaja existente de éste método recae en la poca iluminación disponible en campo en las horas de la madrugada, lo que podría afectar la lectura y el poder coincidir con el indicador de color correcto al resultado (Nappert y Naylor, 2001). Constable et al. (2019) evaluaron las tirillas de orina y papel reactivo de pH como método diagnóstico, reportando sensibilidad de 0,926; 0,960 y especificidad de 0,987; 0,968, respectivamente. A su vez, ellos ratificaron que el uso de tirillas o papel de medición de pH pueden ser usados como métodos precisos, prácticos y de bajo costo (\$ 0,30/\$ 0,04; respectivamente) en la determinación de pH urinario en vacas alimentadas con dietas acidogénicas, especificando que el papel de medición presenta una mayor precisión por su estrecho rango de medición de pH y su menor costo.

El uso de este método ha sido investigado en otras especies como perros y gatos donde también se obtuvieron resultados aceptables (perro: $rs = 0,96$, gato: $rs = 0,91$, bovino: $rs = 0,94$), que lo hacen adecuado para la estimación del pH, a pesar de tener la desventaja de ser un método subjetivo dependiendo del operador que realice la prueba (Defontis et al., 2013).

A pesar de las desventajas expuestas anteriormente, las tirillas reactivas presentan beneficios como el no necesitar de reactivos, fácil manejo, corto tiempo de análisis, poco uso de instrumental y bajo costo (Capitán-Vallvey et al., 2002).

Test de coagulación sanguínea con el uso de EDTA

Basándose en la presencia obligatoria del calcio para el proceso de la cascada de coagulación (Rollin, 2006; Flores-Rivera et al., 2014) y que el ácido etilendiaminotetracético (EDTA) funciona como agente quelante, algunos autores han desarrollado pruebas para la determinación de calcio sanguíneo. Se ha demostrado en investigaciones, que el EDTA secuestra al calcio circulante en la sangre provocando una hipocalcemia, en esta reacción el ion de sodio presente en el EDTA es desplazado por el calcio, formando un complejo no tóxico, soluble y fisiológicamente no disponible que se excreta a través de los riñones (Rubin et al., 1960; Desmecht et al., 1995).

Linhart (1989) argumentó que al agregar determinada cantidad de EDTA a una muestra de sangre, los iones calcio presentes formarán un complejo, de tal forma que, si todo el calcio está quelado, la muestra sanguínea no podrá coagularse. Mayer et al.

(1965) reportaron la primera investigación con el uso de EDTA como método diagnóstico. Durante su proceso, ellos usaron 0,01 mL de solución acuosa de EDTA a una concentración de 5 mEq·L⁻¹ combinada con 1 mg de calcio.

La metodología descrita argumentó seis tratamientos repartidos en seis tubos, un testigo sin EDTA y cinco restantes con distintas cantidades de EDTA, a fin de determinar diferentes concentraciones de calcio. Para llevar a cabo este proceso, era necesario calentar los tubos para evaporar el agua presente, lo que determinaría una lectura de diagnóstico en un tiempo transcurrido entre 15 minutos a 2 horas cuando se realizaba la prueba a temperatura ambiente.

El resultado final determinó que si se presentaba la formación de un coágulo dentro del tubo, significaría que se presenta un exceso de calcio que no fue quelado por el EDTA, situando la muestra sobre cierto límite de medición de 6 a 10 mg·dL⁻¹. Martig et al. (1974) comprobaron la factibilidad de esta prueba con 50 vacas, obteniendo una sensibilidad del 95% y una especificidad del 100%.

En 1979 se publicó una modificación al método descrito por Mayer et al. (1965) usando tromboplastina obtenida de cerebro bovino, como acelerador del proceso de reacción, donde los resultados estaban disponibles a los 5 minutos (Sandholm et al., 1979). Esta investigación fue analizada posteriormente por Klee et al. (1985), donde describieron que el proceso de obtención de tromboplastina de Sandholm et al. (1979) presentaba rendimientos de actividad diferentes, debido a que la cantidad de tromboplastina debía determinarse en cada lote de pruebas. Ellos realizaron la misma prueba con el uso de tromboplastina de origen comercial obteniendo resultados similares a los descritos por Sandholm et al. (1979).

Posteriormente, en 1989 se presentó una patente de una prueba para determinación de calcio basada en la prueba de Sandholm nuevamente modificada, en donde se reemplazó la tromboplastina por trombina por su actividad estandarizada (Linhart, 1989). De esta patente existe actualmente una versión comercial (KRUUSE Calcium Test, JØRGEN KRUUSE A/S). Sandholm et al. (1979), Klee et al. (1985) y Linhart (1989) reportaron que este tipo de pruebas de coagulación deben tener un aproximado de 33,5% de hematocritos pues, de lo contrario, se afectará la fiabilidad del test impidiendo la coagulación.

En la región de Latinoamérica, se ha descrito un test más simplificado basado en EDTA para la estimación de calcio, “utilizando un tubo de ensayo con 0,8 ml de EDTA al 1 por mil, cantidad suficiente para quelar todo el calcio presente en 2 mL de sangre con una concentración inferior a 1,5 mmol·L⁻¹ (6,01 mg·dL⁻¹)” (Contreras, 2002), para esta prueba es necesario homogenizar el contenido del tubo correctamente y esperar 30 minutos para observar si se produce coagulación, si no es así, se establece que los niveles de calcio presentes fueron menores a 1,5 mmol·L⁻¹ y debe iniciarse un tratamiento.

Equipos Point-of-care (POC) o Point-of-care Testing (POCT)

Debido a la importancia del efecto económico de la hipocalcemia en la producción, se ha incrementado el interés de monitorear los

niveles de calcio en granja, con el fin de identificar eficazmente los animales que requieren tratamiento (Leno et al., 2017).

Estos equipos fueron diseñados originalmente para medicina humana por la facilidad de proveer resultados cerca del paciente, pero con el tiempo, han tomado gran acogida en veterinaria. Su uso ha sido probado no solo en análisis de muestras bovinas sino también en otras especies. Grosenbaugh et al. (1998) reportan muestras de 50 gatos, 50 perros y 28 caballos para análisis químico sanguíneo con coeficientes de correlación >0,90 para los datos analizados. Looney et al. (1998) obtuvieron una alta correlación en muestras de 22 perros y 17 caballos ($r^2 \geq 0,83$ y $r^2 \geq 0,79$; respectivamente) con similares resultados a los obtenidos con el método de referencia en el análisis de electrolitos sanguíneos.

Verwaerde et al. (2002) y Tappin et al. (2008) usaron equipos iSTAT en análisis sanguíneos de perros, alcanzando una correlación de excelente a aceptable respectivamente, en los valores estudiados ($r > 0,968$ y $r = 0,90$). Otros autores como Silverman & Birks (2002) y Bardell et al. (2017) evaluaron equipos iSTAT además de otro POC (EPOC, Epocal Inc.) en caballos, en donde los resultados obtenidos en el primer estudio presentaron concordancia entre los dos POC para la mayoría de las variables >0,94, mientras que Silverman y Birks (2002) indicaron que el iSTAT demostró exactitud y precisión aceptable para determinación de los parámetros evaluados con un coeficiente de correlación de concordancia $\geq 0,85$ respecto al método de referencia.

Steinmetz et al. (2007) reportaron en gallinas el uso de iSTAT, donde la mayoría de los parámetros analizados tuvieron una correlación respecto a los valores de control de $r \geq 0,77$. El uso de POC se reporta además en especies como ratones (Tinkey et al., 2006), elefantes (Tarbert et al., 2017) y elefantes marinos (Larsen et al., 2002).

Leno et al. (2017), utilizaron el método de POC (VetTest, IDEXX Laboratories) como herramienta de campo para la medición del tCa, para el diagnóstico de hipocalcemia, obteniendo una especificidad y sensibilidad mayor a 85%, argumentando que esta técnica fue de fácil manejo y relativo bajo costo en comparación con las pruebas de laboratorio. Este equipo usa tecnología de slide seco, la cual consiste en una serie de capas que filtran la muestra y contienen reactivos que al activarse dan como resultado una lectura por medio de un espectrofotómetro.

A su vez, en la misma investigación, utilizaron otro POC (iSTAT, Abbott Point of care Inc.) para medición en suero de iCa, obteniendo una sensibilidad y especificidad de 94,3 y 80,2%, respectivamente. Este equipo usa un lector de electrodos ion selectivo (ISE), los cuales no son más que sensores que convierten la actividad de un ion en un potencial eléctrico que genera un valor numérico medible (Štulík, 2004).

Peiró et al. (2010) reportaron también concentraciones de iCa usando el mismo POC (i-STAT, Abbott Laboratories) en muestras de 24 vacas, 22 caballos y 22 ovejas analizadas, en donde los resultados obtenidos fueron similares al método de referencia (AVL Omni, Roche) con una correlación de 0,94 (excelente, $r \geq 0,93$).

Yilmaz y Karapinar (2019) reportaron el uso de POC iSTAT (Abbott Point of care Inc.) para la medición de iCa, con resultados en aproximadamente 2 minutos, en 121 bovinos diagnosticados con diferentes enfermedades como enteritis, neumonía, mastitis, entre otras, a fin de obtener amplios rangos de valores de iCa. Por esta razón argumentan que el POC tiene un alto valor diagnóstico al momento de identificar hipocalcemia subclínicas con una sensibilidad y especificidad que sobrepasaban el 98,9%.

Yildirim et al. (2015) validaron este tipo de equipos en otros electrolitos importantes como sodio, potasio y cloro con alta exactitud en ganado vacuno, mientras que, Peiró et al. (2010) reportaron medición de valores de pH, proponiendo que podrían ser usados también para la determinación de acidosis.

Neves et al. (2018) compararon dos equipos, un POC (VetScan, Abaxis Inc.) y un prototipo de electrodo ion selectivo específico para calcio (HORIBA Advanced Techno), demostrando que ambos pueden ser considerados como herramientas diagnósticas en la medición de iCa en la práctica bovina, con una sensibilidad y especificidad superior al 93%. El prototipo está actualmente disponible comercialmente como LAQUATwin Ca-11C (HORIBA). Kandeel et al. (2019) analizaron este mismo prototipo de ISE para determinar la cantidad de calcio en leche para diagnosticar mastitis subclínica e infección intramamaria, reportando que las concentraciones de Ca se ven afectadas por el pH de la leche reflejando un bajo AUC ($P < .001$).

A futuro podrían adaptarse técnicas que se encuentran en desarrollo, como un test de tirilla óptico diseñado originalmente para determinación de calcio en agua, basado en un ionóforo neutro, éste se encuentra compuesto por una membrana de intercambio iónico que al activarse con el Ca provoca un cambio de color (Capitán-Vallvey et al., 2002). O la investigación de Janle et al. (2001) quienes reportaron el uso de sondas de ultrafiltración de partículas de peso molecular menor a 40.000 Dalton (como el iCa), que pueden ser implantados en tejidos, con fines investigativos sobre el metabolismo del Ca en tiempo real. O un sistema analítico basado en transistores de selección de iones (ISFET) que pueden ser adaptados al diagnóstico en campo (Abramova et al., 2013).

Calamari et al. (2016) reportaron resultados prometedores con el uso de tecnología de Espectroscopia infrarroja media con transformadora de Fourier (FT-MIR) en la determinación de biomarcadores, incluido el calcio, en perfiles metabólicos de vacas, pero Newman y Behling-Kelly (2016) hicieron referencia en que éstos equipos para ser usados a nivel de veterinaria, deben ser calibrados y validados según la norma para cumplir con el control de calidad requerido y minimizar errores.

Los métodos aquí descritos podrían ser usados también en periodo preparto (Van Saun, 1997; Neves et al., 2017; Xiao et

al., 2017), en donde Neves et al. (2017) identificaron un punto de corte de los valores de calcio ($\leq 2,4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) hasta una semana antes del parto, que permite identificar con antelación los animales predispuestos a la hipocalcemia subclínica.

Conclusiones

La implementación del monitoreo constante de los niveles de calcio en las explotaciones ganaderas ayudará a disminuir la prevalencia de hipocalcemia en el hato. La incorporación del uso de herramientas diagnósticas de campo en el periodo postparto permitirán establecer diagnósticos definitivos que conlleven a determinar el plan de acción terapéutica adecuado. El fácil monitoreo y los resultados adecuados de los suplementos aniónicos (DCAD), así como la identificación de animales en grupos específicos como multíparas con suplementación oral de calcio permitirán obtener un impacto económico positivo y permitirán la toma de decisiones adecuadas dentro de la explotación.

A nivel de la producción ganadera Ecuatoriana, tal vez la prueba más fácil de implementar para la estimación de Ca en los hatos lecheros por su fácil obtención de materiales y bajo costo, aunque los test de dureza de agua y tirillas para pH son también una buena opción económica y que no requieren mayor entrenamiento para su uso. Los equipos POC requieren una mayor inversión y deben ser importados, ya que no se encuentran con facilidad disponibles en el mercado nacional. De esta manera, el uso de qué tipo de herramienta usar dentro de la explotación dependerá del presupuesto y necesidad dentro de la ganadería.

El material disponible dentro de este texto, coincide con la recopilación de información actualizada sobre hipocalcemia y las herramientas diagnósticas de campo disponibles para estimación de calcio total o ionizado, esperando que, en el futuro, se desarrollen equipos más precisos de bajo costo y de fácil implementación en campo.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Abramova, N., Bratov, A., Ipatov, A., Levichev, S., Aris, A. and Rodríguez, E. (2013). New flowthrough analytical system based on ion-selective field effect transistors with optimised calcium selective photocurable membrane for bovine serum analysis. *Talanta*, 113, 31-35. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.03.084>
- Adams, J. and Hewison, M. (2012). Extrarenal expression of the 25-hydroxyvitamin D-1- hydroxylase. *Archives of*

- Biochemistry and Biophysics*, 523(1), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2012.02.016>
- Aktas, M., Kaynar, O., Ozkanlar, S. and Ozkanlar, Y. (2010). Diagnosis of milk fever by a water hardness test kit in ewes. *Israel Journal of Veterinary Medicine*, 65(3), 108-110.
- Albornoz, L., Albornoz, J., Morales, M., y Fidalgo, L. (2016). Hipocalcemia puerperal bovina. Revisión. *Veterinaria* (Montevideo), 52(201), 28-38. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-48092016000100004&lng=es&nrm=iso
- Bardell, D., West, E. and Mark Senior, J. (2017). Evaluation of a new handheld point-of-care blood gas analyser using 100 equine blood samples. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 44(1), 77-85. <https://doi.org/10.1111/vaa.12392>
- Block, E. (1984). Manipulating Dietary Anions and Cations for Prepartum Dairy Cows to Reduce Incidence of Milk Fever. *Journal of Dairy Science*, 67(12), 2939-2948. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81657-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81657-4)
- Boda, J. M. and Cole, H. H. (1954). The influence of dietary calcium and phosphorus on the incidence of milk fever in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 37(4), 360-372. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(54\)91268-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(54)91268-0)
- Caixeta, L., Ospina, P., Capel, M. and Nydam, D. (2015). The association of subclinical hypocalcemia, negative energy balance and disease with bodyweight change during the first 30 days post-partum in dairy cows milked with automatic milking systems. *Veterinary Journal*, 204(2), 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.01.021>
- Caixeta, L., Ospina, P., Capel, M. and Nydam, D. (2017). Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 94, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039>
- Caixeta, L., Weber, W., Johnson, D., Faser, J., Visser, B. and Crooker, B. (2020). Effects of anionic supplement source in prepartum negative dietary cation-anion difference diets on serum calcium, feed intake, and lactational performance of multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(5), 4302-4314. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16991>
- Calamari, L., Ferrari, A., Minuti, A. and Trevisi, E. (2016). Assessment of the main plasma parameters included in a metabolic profile of dairy cow based on Fourier Transform midinfrared spectroscopy: Preliminary results. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0621-4>
- Capitán-Vallvey, L. F., Fernández Ramos, M. D. and Álvarez de Cienfuegos-Gálvez, P. (2002). Optical test strip for calcium determination based on a neutral ionophore. *Analytica Chimica Acta*, 451(2), 231-241. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(01\)01420-9](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(01)01420-9)
- Chamberlin, W., Middleton, J., Spain, J., Johnson, G., Ellersieck, M. and Pithua, P. (2013). Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 7001-7013. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6901>
- Champness, D. (2007). *Milk fever (hypocalcaemia) in cows*. Agriculture Victoria. <https://www.lowlinecattleassoc.com.au/wp-content/uploads/pdf/Milk-Fever---Treatment-Prevention.pdf>
- Chapinal, N., Carson, M., Duffield, T., Capel, M., Godden, S., Overton, M., Santos, J. and LeBlanc, S. (2011). The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 94(10), 4897-4903. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4075>
- Chapinal, N., LeBlanc, S., Carson, M., Leslie, K., Godden, S., Capel, M., Santos, J., Overton, M. and Duffield, T. (2012). Herd-level association of serum metabolites in the transition period with disease, milk production, and early lactation reproductive performance. *Journal of Dairy Science*, 95(10), 5676-5682. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5132>
- Charbonneau, E., Pellerin, D. and Oetzel, G. (2006). Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 537-548. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72116-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72116-6)
- Constable, P., Gelfert, C., Füll, M., Staufienbiel, R. and Stämpfli, H. (2009). Application of strong ion difference theory to urine and the relationship between urine pH and net acid excretion in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 70(7), 915-925. <https://doi.org/10.2460/ajvr.70.7.915>
- Constable, P., Megahed, A. and Hiew, M. (2019). Measurement of urine pH and net acid excretion and their association with urine calcium excretion in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 11370-11383. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16805>
- Contreras, P. (2002). *Paresia puerperal hipocalcémica*. Libro de Ponencias del Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria, 31-37.
- Corbellini, C. (2000). Influencia de la nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. XXI Congreso Mundial de Buiatría, Punta Del Este, Uruguay, 689, 16. <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2017/01/Influencia-de-la-nutricion-en-lavaca-lechera-en-transicion-Carlos-Corbellini.pdf>
- Curtis, C., Erb, H., Sniffen, C., Smith, R., Powers, P., Smith, M., White, M., Hillman, R. and Pearson, E. (1983). Association of parturient hypocalcemia with eight periparturient disorders in Holstein cows. *Journal of the*

- American Veterinary Medical Association*, 183(5), 559-561.
- da Silva, D., Fernandes, B., dos Santos Lima, J., Rodrigues, G., Dias, D., de Oliveira Souza, E., & Filho, M. (2019). Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy cows in the Sousa city micro-region, Paraíba state. *Tropical Animal Health and Production*, 51(1), 221-227. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1680-x>
- Defontis, M., Bauer, N., Failing, K. and Moritz, A. (2013). Automated and visual analysis of commercial urinary dipsticks in dogs, cats and cattle. *Research in Veterinary Science*, 94(3), 440-445. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.01.002>
- Desmecht, D., Linden, A., Godeau, J. and Lekeux, P. (1995). Experimental production of hypocalcemia by EDTA infusion in calves: a critical appraisal assessed from the profile of blood chemicals and enzymes. *Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology*, 110(2), 115-130. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(94\)00156-N](https://doi.org/10.1016/0300-9629(94)00156-N)
- Domino, A., Korzec, H. and McArt, J. (2017). Field trial of 2 calcium supplements on early lactation health and production in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9681-9690. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12885>
- Ducusin, R., Uzuka, Y., Satoh, E., Otani, M., Nishimura, M., Tanabe, S. and Sarashina, T. (2003). Effects of extracellular Ca^{2+} on phagocytosis and intracellular Ca^{2+} concentrations in polymorphonuclear leukocytes of postpartum dairy cows. *Research in Veterinary Science*, 75(1), 27-32. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(03\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(03)00038-9)
- Espino, L., Suárez, M., Santamarina, G., Goicoa, A. y Fidalgo, L. (2005). Utilización de las sales aniónicas en la prevención de la paresia puerperal hipocalcémica. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 37(1), 7-13. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2005000100002>
- FAO. (2020). Dairy production and products: Products. Food and Agriculture Organisation. <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/en/>
- Fiore, F., Cocco, R., Musina, D. and Spissu, N. (2020). On-farm use of a water hardness test kit to assess total blood calcium level in dairy cattle. *Journal of Dairy Research*, 87(1), 56-59. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000023>
- Flores-Rivera, O., Meza-Márquez, J., Nava-López, J. y Ramírez-Morales, K. (2014). Fisiología de la coagulación. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 37, S382-S386. <https://doi.org/https://doi.org/10.29057/estr.v7i13.5080>
- Goff, J. (2000). Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. The Veterinary Clinics of North America. *Food Animal Practice*, 16(2), 319-337. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30108-0](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30108-0)
- Goff, J. (2008). The monitoring, prevention, and treatment of milk fever and subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Veterinary Journal*, 176(1), 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.020>
- Goff, J. (2020). *Hypocalcemia and strategies to reduce it-Update*. The Nutritionist 2020. <https://agmodelsystems.com/the-nutritionist-2020-goff/>
- Goff, J., Hohman, A. and Timms, L. (2020). Effect of subclinical and clinical hypocalcemia and dietary cation-anion difference on rumination activity in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2591-2601. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17581>
- Goff, J. and Horst, R. (1993). Oral administration of calcium salts for treatment of hypocalcemia in cattle. *Journal of Dairy Science*, 76(1), 101-108. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77328-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77328-2)
- Goff, J. and Horst, R. (1994). Calcium salts for treating hypocalcemia: Carrier effects, acid-base balance, and oral versus rectal administration. *Journal of Dairy Science*, 77(5), 1451-1456. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77083-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77083-1)
- Goff, J. and Horst, R. (1997a). Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(1), 176-186. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75925-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75925-3)
- Goff, J. and Horst, R. (1997b). Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1260-1268. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76055-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76055-7)
- Goff, J., Liesegang, A. and Horst, R. (2014). Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1520-1528. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7467>
- Goings, R., Jacobson, N., Beitz, D., Littledike, E. and Wiggers, K. (1974). Prevention of parturient paresis by a prepartum, calcium-deficient diet. *Journal of Dairy Science*, 57(10), 1184-1188. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)85034-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)85034-4)

- 44

- 100(11), 9285-9293. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12971>
- Leno, B., Neves, R., Louge, I., Curler, M., Thomas, M., Overton, T., and McArt, J. (2018). Differential effects of a single dose of oral calcium based on postpartum plasma calcium concentration in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3285-3302. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13164>
- Linhardt, A. (1989). *Process and test kit for the semi-quantitative detection of the calcium content in blood - Verfahren und Test-Kit zur semiquantitativen Bestimmung des Kalziumgehaltes im Blut*. In Bulletin. <https://patents.google.com/patent/EP0325106B1/en>
- Littledike, E., Witzel, D. and Whipp, S. (1968). Insulin: Evidence for inhibition of release in spontaneous hypocalcemia. *Experimental Biology and Medicine*, 129(1), 135-139. <https://doi.org/10.3181/00379727-129-33269>
- Looney, A., Ludders, J., Erb, H., Gleed, R. and Moon, P. (1998). Use of a handheld device for analysis of blood electrolyte concentrations and blood gas partial pressures in dogs and horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 213(4), 526-530. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9713538>
- Lynch, R. (2016). *Cow-side diagnostics*. *DairyBusiness*, April, 33-34. https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/43797/April_2016_Lynch.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Manual Merck de Veterinaria. (2000). Merck veterinary manual. In: *Manual Merck Veterinaria* (pp. 834-836). Merck & Co., INC.
- Martig, J., Gerber, H. and Berger, M. (1974). Examination of the reliability of field test for the determination of blood calcium concentration in cows. *DTW. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 81(6), 132-135. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4596265>
- Martinez, N., Risco, C., Lima, F., Bisinotto, R., Greco, L., Ribeiro, E., Maunsell, F., Galvão, K. and Santos, J. (2012). Evaluation of periparturient calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7158-7172. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5812>
- Martinez, N., Sinedino, L., Bisinotto, R., Ribeiro, E., Gomes, G., Lima, F., Greco, L., Risco, C., Galvão, K., Taylor-Rodriguez, D., Driver, J., Thatcher, W. and Santos, J. (2014). Effect of induced subclinical hypocalcemia on physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 874-887. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7408>
- Matsas, D., Warnick, L., Mechor, G., Seib, L., Fatone, S., White, M. and Guard, C. (1999). Use of a water hardness test kit to measure serum calcium concentration in cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 214(6), 826-828. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10101416>
- Mayer, G., Raggi, F. and Ramberg, C. (1965). A rapid semiquantitative test for serum calcium suitable for field use. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 146(6), 839-842. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14286284>
- McArt, J. and Oetzel, G. (2015). A stochastic estimate of the economic impact of oral calcium supplementation in postparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7408-7418. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9479>
- McNally, J., Crowe, M., Roche, J. and Beltman, M. (2014). Effects of physiological and/or disease status on the response of postpartum dairy cows to synchronization of estrus using an intravaginal progesterone device. *Theriogenology*, 82(9), 1263-1272. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.08.006>
- Nappert, G. and Naylor, J. (2001). A comparison of pH determination methods in food animal practice. *Canadian Veterinary Journal*, 42(5), 364-367.
- National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. In: *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Neves, R., Leno, B., Stokol, T., Overton, T. and McArt, J. (2017). Risk factors associated with postpartum subclinical hypocalcemia in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(5), 3796-3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11970>
- Neves, R., Stokol, T., Bach, K. and McArt, J. (2018). Method comparison and validation of a prototype device for measurement of ionized calcium concentrations cow-side against a point-of-care instrument and a benchtop blood-gas analyzer reference method. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1334-1343. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13779>

- Newman, A. W. and Behling-Kelly, E. (2016). Quality assurance and quality control in point-of-care testing. *Topics in Companion Animal Medicine*, 31(1), 2-10. <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2016.05.003>
- Oetzel, G. (2000). Management of dry cows for the prevention of milk fever and other mineral disorders. The Veterinary Clinics of North America. *Food Animal Practice*, 16(2), 369-386. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30110-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30110-9)
- Oetzel, G., & Miller, B. (2012). Effect of oral calcium bolus supplementation on early-lactation health and milk yield in commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7051-7065. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5510>
- Patelli, T., Fagnani, R., da Cunha Filho, L., Souza, F., Wolf, G., Cardoso, M., Seiva, F. and Matsuda, J. (2017). Hipocalcemia no deslocamento de abomaso de bovinos: Estudo de 39 casos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 37(1), 17-22. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000100003>
- Peiró, J. R., Borges, A. S., Gonçalves, R. C. and Mendes, L. C. N. (2010). Evaluation of a portable clinical analyzer for the determination of blood gas partial pressures, electrolyte concentrations, and hematocrit in venous blood samples collected from cattle, horses, and sheep. *American Journal of Veterinary Research*, 71(5), 515-521. <https://doi.org/10.2460/ajvr.71.5.515>
- Plumb, D. (2018). *Plumb's Veterinary Drug Handbook: Desk*, 9th Edition. Wiley-Blackwell.
- Ramberg, C., Johnson, E., Fargo, R. and Kronfeld, D. (1984). Calcium homeostasis in cows, with special reference to parturient hypocalcemia. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 15(5). <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1984.246.5.r698>
- Reinhardt, T., Horst, R. and Goff, J. (1988). Calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis in ruminants. Veterinary Clinics of North America: *Food Animal Practice*, 4(2), 331-350. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)31052-5](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)31052-5)
- Reinhardt, T., Lippolis, J., McCluskey, B., Goff, J. and Horst, R. (2011). Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *Veterinary Journal*, 188(1), 122-124. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.025>
- Risco, C., Reynolds, J. and Hird, D. (1984). Uterine prolapse and hypocalcemia in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 185(12), 1517-1519.
- Robalo Silva, J. and Noakes, D. (1984). The effect of experimentally induced hypocalcaemia on uterine activity at parturition in the ewe. *Theriogenology*, 21(4), 607-623. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(84\)90446-1](https://doi.org/10.1016/0093-691X(84)90446-1)
- Rodríguez, E. (2015). *Study of cow subclinical hypocalcemia and development of new tools for its diagnostic and prevention* [Universitat Autònoma de Barcelona]. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2015/hdl_10803_323908/emrp1de1.pdf
- Rodríguez, E., Arís, A. and Bach, A. (2017). Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7427-7434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>
- Rollin, F. (2006). *Tools for a prompt cowside diagnosis: What can be implemented by the bovine practitioner?* Twenty-Fourth World Buiatrics Conference.
- Rubin, M., Alexander, R. and Lindenblad, G. (1960). Utilization of synthetic chelates for study of calcium metabolism. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 88(2), 474-478. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1960.tb20044.x>
- Salgado-Hernández, E., Aparicio-Cecilio, A., Velásquez-Forero, F., Castillo-Mata, D. and Bouda, J. (2014). Effect of the first and second postpartum partial milking on blood serum calcium concentration in dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*, 59(3), 128-133. <https://doi.org/10.17221/7292-cjas>
- Sandholm, M., Jönsson, G., Pehrson, B. and Zewi, G. (1979). A New rapid method for determination of blood calcium in cows. *Zentralblatt Für Veterinärmedizin Reihe A*, 26(5), 411-416. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1979.tb01772.x>
- Santos, J., Lean, I., Golder, H. and Block, E. (2019). Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2134-2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14628>
- Seifi, H., LeBlanc, S., Leslie, K. and Duffield, T. (2011). Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle. *Veterinary Journal*, 188(2), 216-220. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.04.007>
- Sepulveda, P., Wittwer, F. and Meléndez, P. (2017). *Periodo de transición: Importancia en la salud y bienestar de vacas lecheras*. Universidad Austral de Chile (Primera ed).
- Silverman, S. and Birks, E. (2002). Evaluation of the i-STAT handheld chemical analyser during treadmill and endurance exercise. *Equine Veterinary Journal*. Supplement, 34(34), 551-554. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05481.x>
- Steinmetz, H., Vogt, R., Kästner, S., Riond, B. and Hatt, J. (2007). Evaluation of the i-STAT portable clinical analyzer in chickens (*Gallus gallus*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 19(4), 382-388. <https://doi.org/10.1177/104063870701900407>
- Štulík, K. (2004). *Ion-selective electrodes-overview*. pp. pp. 493-498. In: Encyclopedia of Analytical Science: Second

- Edition (2nd Editio.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00291-0>
- Sweeney, B., Martens, E. and Overton, T. (2014). *Calcium and fresh cows*. DairyBusiness East, November, 18. <https://hdl.handle.net/1813/38002>
- Tappin, S., Rizzo, F., Dodkin, S., Papasouliotis, K., Tasker, S. and Murphy, K. (2008). Measurement of ionized calcium in canine blood samples collected in prefilled and selffilled heparinized syringes using the i-STAT point-of-care analyzer. *Veterinary Clinical Pathology*, 37(1), 66-72. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2008.00001.x>
- Tarbert, D., Behling-Kelly, E., Priest, H. and Childs-Sanford, S. (2017). Evaluation of the i-stat portable clinical analyzer for measurement of ionized calcium and selected blood chemistry values in asian elephants (*Elephas maximus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 48(2), 319-327. <https://doi.org/10.1638/2016-0150R1.1>
- Thilising-Hansen, T., Jørgensen, R. and Østergaard, S. (2002). Milk fever control principles: A review. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 43(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-43-1>
- Tinke, P., Lembo, T., Craig, S., West, C. and Van Pelt, C. (2006). Use of the i-STAT portable clinical analyzer in mice. *Lab Animal*, 35(2), 45-50. <https://doi.org/10.1038/labon0206-45>
- Van Saun, R. (1997). Prepartum nutrition: the key to diagnosis and management of periparturient disease. *Bovine Practitioner*, 33-42.
- Van Saun, R. (2016). Indicators of dairy cow transition risks: Metabolic profiling revisited. *Tierärztliche Praxis Ausgabe G: Grosstiere-Nutztiere*, 44(2), 118-126. <https://doi.org/10.15653/TPG-150947>
- Venjakob, P., Pieper, L., Heuwieser, W. and Borchardt, S. (2018). Association of postpartum hypocalcemia with early-lactation milk yield, reproductive performance, and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9396-9405. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14202>
- Verwaerde, P., Malet, C., Lagente, M., De La Farge, F. and Braun, J. (2002). The accuracy of the i-STAT portable analyser for measuring blood gases and pH in whole-blood samples from dogs. *Research in Veterinary Science*, 73(1), 71-75. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(02\)00065-6](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(02)00065-6)
- Wang, S., McDonnell, E., Sedor, F. and Toffaletti, J. (2002). pH effects on measurements of ionized calcium and ionized magnesium in blood. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 126(8), 947-950. [https://doi.org/10.1043/0003-9985\(2002\)126<0947:PEOMOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-9985(2002)126<0947:PEOMOI>2.0.CO;2)
- Wilkens, M., Nelson, C., Hernandez, L. and McArt, J. (2020). Symposium review: Transition cow calcium homeostasis -Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2909-2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17268>
- Xiao, X., Xu, C., Xu, S., Xia, C., Wang, G., Bai, Y., Wu, L. and Zheng, J. (2017). Critical thresholds of ion concentration in plasma for hypocalcemia prediction in dairy cows using receiver operating characteristic (ROC) analysis. *Indian Journal of Animal Research*, OF. <https://doi.org/10.18805/ijar.v0iOF.8476>
- Yildirim, E., Karapinar, T. and Hayirli, A. (2015). Reliability of the i-STAT for the determination of blood electrolyte (K⁺, Na⁺, and Cl⁻) concentrations in cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29(1), 388-394. <https://doi.org/10.1111/jvim.12526>
- Yilmaz, O. and Karapinar, T. (2019). Evaluation of the i-STAT analyzer for determination of ionized calcium concentrations in bovine blood. *Veterinary Clinical Pathology*, 48(1), 31-35. <https://doi.org/10.1111/vcp.12705>

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Gilma Susana Gallegos Rosales	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Carolina Fonseca Restrepo	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.





Ecuador libre de cultivos transgénicos: Un enfoque desde la perspectiva agroecológica y jurídica

Ecuador free of GM crops: An approach from an agroecological and legal perspective

Autores

✉ ¹*Jonathan Zhiminaicela-Cabrera

✉ ²Ana Paula Bravo-González

✉ ¹José Nicasio Quevedo-Guerrero

✉ ¹Ivanna Gabriela Tuz-Guncay

✉ ¹Rigoberto Miguel García Batista

✉ ¹Sayda Noemi Herrera-Reyes

¹Carrera de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

²Carrera de Derecho, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Zhiminaicela-Cabrera, J., Bravo González, A. P., Quevedo Guerrero, J. N., Tuz Guncay, I. G., García Batista, R. M. y Herrera Reyes, S. N. (2021). Ecuador libre de cultivos transgénicos: un enfoque desde la perspectiva agroecológica y jurídica. *La Técnica*, 11(1) 48-55. DOI: <https://doi.org/10.33936/latécnica.v0i25.2615>

Recibido: Septiembre 07, 2020

Aceptado: Noviembre 30, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Resumen

En los países de América Latina y el Caribe (LAC), existe un crecimiento en la implementación de cultivos transgénicos, con el fin de potenciar sus economías y mejorar el rendimiento de sus plantaciones. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue realizar un análisis de las perspectivas: agroecológica y jurídica de Ecuador, ante la posible siembra, producción y comercialización de cultivos transgénicos en el país, evaluando dos aspectos fundamentales: conflictos con relación a la temática y las posibles consecuencias que produciría a la agrobiodiversidad y la soberanía alimentaria. La misma se realizó a través de una revisión bibliográfica narrativa y las leyes de Ecuador que regulan la temática. Del análisis realizado se indica que la posición jurídica del país prohíbe la implementación de organismos genéticamente modificados (GMOs), a excepción del mandato ejecutivo autorizado por el legislativo. El hecho de que su consumo no esté prohibido o normado causa pugnas jurídicas en este marco contextual. La agroecología así considera perniciosos a los GMOs a diferencia de la agroindustria que lo considera una alternativa para el futuro de la alimentación mundial. Se concluye que, aunque con la implementación de GMOs por transgénesis se obtiene mayor rentabilidad, siendo la población resiliente a su consumo en LAC. El mal manejo puede traer consecuencias adversas de manera directa o indirecta al ambiente y agrobiodiversidad, por ello se debería en el caso de implementar su siembra, producción y comercialización normar su uso para evitar la degradación de los ecosistemas.

Palabras clave: fitoecología; organismo modificado genéticamente; política ambiental; seguridad alimentaria.

Abstract

In the countries of Latin America and the Caribbean (LAC), there is a growth in the implementation of transgenic crops, with the aim of boosting their economies and improving the yield of their plantations. For this reason, the aim of this research was to analyse the agroecological and legal perspectives of Ecuador in relation to the possible planting, production and commercialization of transgenic crops in the country, evaluating two fundamental aspects: conflicts in relation to the issue and the possible consequences for agrobiodiversity and food sovereignty. By means of a narrative bibliographic review and the laws of Ecuador that regulate the issue. The analysis shows that the country's legal position prohibits the implementation of genetically modified organisms (GMOs), with the exception of the executive mandate authorized by the legislature. The fact that their consumption is not prohibited or regulated causes legal disputes in this context. Agroecology thus sees GMOs as harmful, in contrast to agribusiness, which sees them as an alternative for the future of the world's food supply. It is concluded that, although the implementation of GMOs through transgenesis is more profitable, the population in LAC is resilient to their consumption. Poor management can directly or indirectly have adverse consequences for the environment and agrobiodiversity, which is why their use should be regulated in order to avoid the degradation of ecosystems when planting, production and commercialization are implemented.

Keywords: plant ecology; genetically modified organisms; environmental policy; food security.

Introducción

Los cultivos transgénicos se han expandido y diversificado en América Latina y el Caribe (LAC) debido a las características agronómicas que tienen, especialmente la precocidad, el rendimiento y la resistencia a plagas y enfermedades (Bravo et al., 2016; Sztulwark et al., 2020). La característica que tiene mayor impacto ambiental y controversia es la resistencia a herbicidas beneficiosa para facilitar el control de arvenses, características particulares de los organismos genéticamente modificados (OMGs) por transgénesis, los cuales han causado efectos negativos al ecosistema, sociedad, económica y agrobiodiversidad para los países de LAC (Giraldo, 2003; Martinolich, 2006; Barrera-Bassols et al., 2009; Bravo et al., 2016).

Tales efectos han generado disputas legales especialmente con la empresa Monsanto en Argentina en cultivos como la soya transgénica y glifosato (Motta et al., 2013 Agosto, 2016). Pero a pesar de ello, los países de LAC han tomado una posición adoptante para la inserción y expansión de su cultivo (Sztulwark y Girard, 2020). En el caso específico de Ecuador, los colectivos agroecológicos han manifestado su posición negativa a la introducción e implementación de este tipo de cultivos al territorio ecuatoriano, debido a que consideran que se puede obtener más beneficios con alternativas agroecológicas, como en los casos de Brasil y México (Lacey, 2007; Alvarez-Buylla et al., 2015; Barrera-Bassols et al., 2019).

La reforma de la carta magna en Montecristi (Bravo, 2017), incluyó estos temas, pero recién en el año 2017 entró en vigencia la “Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable”. Ahora bien, la normativa legal vigente en Ecuador, que sustenta la perspectiva jurídica del objeto de estudio se localiza en: la Constitución de la República del Ecuador 2008, La Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable y como instrumento jurídico internacional ratificado, el Protocolo de Cartagena.

Además del soporte que le otorga “La ley de soberanía alimentaria que favorece la soberanía económica, política y cultural de los pueblos” la cual es imprescindible y necesaria para proteger la soberanía alimentaria del territorio ecuatoriano, especialmente de los pueblos y nacionalidades indígenas (López y Sorondo, 2020). Además, de garantizar el acceso de toda la población a consumir alimentos más saludables (Holt-Giménez et al., 2013; Sámano Rentería, 2013; Álvarez et al., 2014; Guzmán, 2016), fundamentada en los derechos del buen vivir (Giunta, 2018), regulándose así la utilización de transgénicos en el país, en donde el propósito fue la prohibición de la introducción de semillas transgénicas atendiendo a la necesidad de producción local y adelanto productivo del país, lo cual debe ser un eje fundamental en la política alimentaria nacional.

La agroindustria ecuatoriana; por otro lado, no está de acuerdo con la norma legal determinada (Forlani, 2015), pues la situación actual indica que se necesita desarrollo y fomento (Baquero y Lucio-Paredes, 2010), así el desarrollo de la agroindustria, concibe un mayor crecimiento de la competitividad nacional (Martínez y García (2017), siendo conveniente en estos casos que las universidades como referente científico aporten conocimientos para potenciar la calidad de los procesos de desarrollo (Cerdeña et al., 2019). Según Reyes y Rozowski (2003) la transgénesis busca en un ser vivo animal, planta, bacteria o virus, un gen que codifique una proteína. Se inserta en el material genético del alimento que se desea mejorar o modificar, por tanto, las semillas transgénicas ayudarían en gran medida a aumentar la obtención de alimentos en menor tiempo y en mayor cantidad. La cual es defendida en el país por la agroindustria y la biotecnología (Cadena, 2006).

Posición contraria a la agroecología y ecologistas que lo denominan como “Alimentos Frankenstein” (Massieu, 2009). Pero a pesar de todos ello, el pensamiento agroecológico y la agroindustria son ideales que han tenido un conflicto continuo hasta la actualidad (Ortega et al., 2020), la agroecología que defiende la permanencia de los cultivos nativos, la diversidad biológica y la agroindustria que atribuye mayores rendimientos para solventar las necesidades de alimentación en el mundo. Posiciones que no cambian en Ecuador pues este es el criterio de muchos de los colectivos (Velásquez, 2014, Intriago et al., 2018), entre los cuales están: “Colectivo Agroecología del Ecuador”, “Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología”, “Alianza para la Seguridad y Soberanía Alimentaria”, “Alianza Global por la Agroecología”, “Red de Semillas Libres de las Américas”, “Red por una América Latina libre de transgénicos”. Los cultivos transgénicos y los paradigmas científicos de los que emergen a la luz de los derechos de la naturaleza (Intriago y Bravo, 2015), ya que se podría ver afectada la diversidad genética de las especies. Además, se condiciona a las políticas extractivistas de los gobiernos de turno (Chamba, 2020).

El Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro-Biotecnológicas (ISAAA), indicó el crecimiento de los cultivos transgénicos en el mundo, en 2018 se señaló que en 26 países se han cultivado 191,7 millones de hectáreas de productos modificados genéticamente. Siendo los cultivos principales, maíz, soya, colza y algodón, en los 26 países, siendo la soya líder con un total de 95,9 millones de hectáreas, suponiendo un aumento del 2%, respecto a los datos de 2017 (Mederos-Ramírez y Ortiz-Pérez, 2021).

Por esta razón se planteó el objetivo de realizar un análisis desde un enfoque agroecológico y jurídico en torno a la implementación de cultivos transgénicos en el país, centrado en dos aspectos fundamentales: conflictos con relación a la temática y las posibles consecuencias que produciría a la agrobiodiversidad y la soberanía alimentaria.

Metodología

La presente investigación fue de tipo cualitativa de análisis crítico y de revisión de literatura científica actualizada de investigaciones científicas, haciendo uso del buscador Google Académico y bases académicas de Scielo, Web of Science, Dialnet, filtrando los contenidos con operadores numéricos, por medio de los términos (Ecuador, transgénicos, biotecnología y agroecología) recopiladas de Junio a Agosto del 2020, el estudio filtro los documentos centrándose en conocer la perspectiva agroecológica y jurídica ante la implementación de cultivos genéticamente modificados por transgénesis. Para ello, se enlazaron dos instrumentos que revisten legalidad como son:

La perspectiva agroecológica: se enfocó en analizar artículos científicos que abordaron la problemática, en cuanto a los OGMs en Ecuador o país que prohíban la implementación de estas plantaciones, que aborden la posición de la agroecología y que mencionaron su posición a la agroindustria o biotecnología, para que con base a los criterios expuestos de las dos partes, llegar a una conclusión imparcial de la información, centrándose especialmente en los beneficios o impactos que produjo la implementación de OGMs a la agrobiodiversidad y ambiente en el caso de Ecuador.

La perspectiva jurídica: se analizó basándose en las normativas legales vigentes en Ecuador, que se encuentran en la Constitución de la República del Ecuador 2008, La Ley Orgánica de Defensa del Consumidor, la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable y como instrumento jurídico internacional ratificado, el Protocolo de Cartagena. Considerando exclusivamente los temas que abordaron a las prohibiciones de la implementación de cultivos transgénicos en Ecuador.

Desarrollo

La ley que regula los cultivos transgénicos es relativamente nueva en la legislación ecuatoriana, debido a que sus comienzos se dan a partir de la reforma de la Constitución en 2008, donde se incluyó la regulación y el manejo de los transgénicos en el país. Reconociéndolo, como un país libre de semillas transgénicas por mandato constitucional, ciertamente su articulado conlleva excepciones (Constituyente del Ecuador, 2008), la posición de los movimientos agroecológicos lo denominaron como el triunfo más importante para el fomento de una producción más limpia (Intriago et al., 2017; Barrera-Bassols et al., 2019).

Esta reforma en la constitución declara en el artículo 401 a Ecuador “libre de cultivos y semillas transgénicas. Excepcionalmente, y sólo en caso de interés nacional debidamente fundamentado por la Presidencia de la República y aprobado por la Asamblea Nacional, se podrán introducir semillas y cultivos genéticamente modificados...” (Constitución del Ecuador, 2008). Estas consideraciones constitucionales se enfatizan en varios artículos de la legislación dedicados a garantizar a la ciudadanía el acceso a alimentos sanos que de manera preferente sean producto nacional.

La soberanía alimentaria y su relación con la agroecología ha sido el eje central dentro de esta discusión a nivel mundial

(Guzmán, 2006). En Ecuador se dio este debate por lo que su resolución entro en vigencia en al año 2009. Estipulándose que la producción de cultivos transgénicos está prohibida en la constitución de Ecuador. Pero, su consumo no lo es siempre y cuando cumplan con los principios de sanidad e inocuidad alimentaria estipulada en la ley orgánica del régimen de soberanía alimentaria, específicamente en el capítulo 4, artículo 26 perteneciente a la sanidad e inocuidad alimentaria.

La soberanía alimentaria se tornó eje central de la discusión, por lo que entró en vigencia en al año 2009 La Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria. Aunque la inserción de semillas transgénicas se encuentre prohibida en el país, el consumo de alimentos transgénicos no lo está, siempre y cuando cumpla con los principios de sanidad e inocuidad alimentaria lo que se encuentra sustentado en la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria, específicamente en el capítulo 4, artículo 26 perteneciente a la sanidad e inocuidad alimentaria. La cual indica que las materias primas que contengan insumos de origen transgénico únicamente podrán ser importadas y procesadas, siempre y cuando cumplan con los requisitos de sanidad e inocuidad, y que su capacidad de reproducción sea inhabilitada, respetando el principio de precaución, de modo que no atenten contra la salud humana, la soberanía alimentaria y los ecosistemas (Constitución del Ecuador, 2009; Espinosa-Calderón et al., 2014).

Los productos elaborados con base a transgénicos serán etiquetados de acuerdo a la ley que regula la defensa del consumidor (Intriago y Bravo, 2015). El mencionado cuerpo normativo manifestó “Art. 13.-Producción y Transgénica. -Si los productos de consumo humano o pecuario a comercializarse han sido obtenidos o mejorados mediante trasplante de genes o, en general, manipulación genética, se advertirá de tal hecho en la etiqueta del producto, en letras debidamente resaltadas” (Ley Orgánica de Defensa al Consumidor, 2000).

Esta posición es defendida de acuerdo a un estudio por empresas encargadas de ventas masivas de consumo de primera necesidad, en Ecuador se estipula que su venta debe ser utilizada debido a que: genera un mejor precio, competitividad y es atractiva para los consumidores por ser marcas internacionales (Ortega-Pacheco et al., 2020), como de sus consumidores (Oleas et al., 2016). Pero no es el pensamiento de las investigaciones agroecológicas que promueven la agricultura familiar en poblaciones campesinas, urbanas, rurales (Pérez, 2003; Ortega-Pacheco et al., 2020). Impulsando incluso la transición de la agricultura convencional a agroecológica en la parte andina del país, considerándose necesario para mejorar la calidad de vida (Ortega, 2009; Cevallos-Suárez et al., 2020).

Los conflictos de la agroindustria promotora de estos cultivos consideran que todo es una campaña promovida por los medios de información (radio, televisión, periódicos, revistas, internet, entre otros) (Motta y Alasino, 2013), en torno a los posibles efectos nocivos de los cultivos transgénicos promovida por los detractores de la biotecnología, así como las declaraciones de investigadores, lo consideran “alimentos Frankenstein”, dando a conocer los posibles efectos que puedan tener los cultivos transgénicos en la salud y el ambiente (Estrella et al., 2005;

Altieri, 2015), del cual se debe considerar que aportan al agro los cultivos transgénicos; aun cuando, la agroecología tiene más beneficios sobre esta temática (Altieri, 2003; Fernández et al, 2020).

Jurídicamente, Ecuador es uno de los países de LAC en prohibir el uso de los OGMs por transgénesis, haciendo caso a la pos verdad de tachar a los alimentos modificados genéticamente como nocivos tanto para la salud de la ciudadanía como para el ambiente que los rodea. Ecuador también puso en conocimiento de la sociedad aquellas infracciones y sanciones que se ejecutarán cuando se lleven a cabo este tipo de acciones consideradas ilícitas, por lo que dentro de la misma Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (LOASFAS), tanto en el capítulo tercero como en el cuarto se encuentran descritas desde el artículo 53 al 63 los procedimientos, multas, suspensiones y recursos que se deberá emplear. Siendo está el triunfo para la agroecología y una decadencia para la innovación, de acuerdo a los académicos en biotecnología y agroindustria (Intriago y Bravo, 2015).

Los OGMs, no son el punto de inflexión en la agroecología, pues ella ha estado presente desde la adopción de la población de sedentarios a nómadas, para mejorar los cultivos agrícolas. El punto de mayor controversia es la utilización de material genético animal en los cultivos vegetales. Por esta razón, en algunas regiones de Ecuador a pesar de ser un país libre de transgénicos, promoviendo así, la inserción de estos cultivos en aquellos países, donde se prohíbe su producción de manera legal o ilegal.

Los cultivos genéticamente modificados surgen como una alternativa para solucionar problemáticas, tales como el rendimiento, la tolerancia a plagas, pero cuales son los resultados que han producido, para el ambiente. Al respecto de su consumo en zonas costeras del país los alimentos o semillas transgénicas, no son considerados como peligrosos para la salud, e inclusive los consideran rentables por su precio al consumidor. Pero a diferencia, los estudios ecológicos, determinan que, si producirán daños a la agrobiodiversidad, pues al proliferar el cultivo intensivo o monocultivos, en el país se producirá una degradación genética de sus variedades genéticas una de las 10 más importantes del mundo, eso se puede ver en la implantación de cultivos de producción intensiva debido a las características que presentan los cultivos transgénicos (Giraldo, 2011; Krishna et al., 2016; Heo et al., 2021).

La demanda científica que ha sobrevenido de los cuerpos modificados genéticamente ha aumentado el interés productivo sin salvaguardar la conservación de la flora y fauna además de no tener en cuenta las consideraciones del pueblo (Rodríguez, 2013). Al respecto el artículo 401 de la Carta Magna sella que “se declara al Ecuador libre de cultivos y semillas transgénicas. Excepcionalmente, y solo en caso de interés nacional debidamente

fundamentado por la Presidencia de la República y aprobado por la Asamblea Nacional, se podrán introducir semillas y cultivos genéticamente modificados...” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En el país dichos postulados se han cumplido a cabalidad, puesto que a raíz de la vigencia del mencionado artículo ya han aparecido casos en los que se ha tratado de cultivar semillas transgénicas haciendo caso omiso a las leyes pertinentes, por lo que se han interpuesto acciones de protección para precautelar la contaminación a las semillas campesinas naturales, obteniendo en este caso una sentencia favorable para culminar con dichas actividades. Una sentencia fue emitida por la Unidad Judicial Penal con sede en el Cantón Quevedo, en un pequeñísimo extracto de la misma concluyó que “...Por ello cuando se encuentran plantas contagiadas se debe destruir todo el campo, respetando los derechos constitucionales prescritos en el Art. 66 y 76 de la Constitución de la República del Ecuador...” (Acción de Protección, 2019).

El precepto de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, se centró únicamente en regular ese ámbito productivo, pues ya existían en la Constitución varios artículos dedicados a garantizar a la ciudadanía el acceso a alimentos sanos que de manera preferente sean producto nacional, la soberanía alimentaria se tornó eje central de la discusión por lo que también entro en vigencia en el año 2009 la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, específicamente en su artículo 26 dentro del capítulo cuarto perteneciente a la sanidad e inocuidad alimentaria se indica lo siguiente:

Las materias primas que contengan insumos de origen transgénico únicamente podrán ser importadas y procesadas, siempre y cuando cumplan con los requisitos de sanidad e inocuidad, y que su capacidad de reproducción sea inhabilitada, respetando el principio de precaución, de modo que no atenten contra la salud humana, la soberanía alimentaria y los ecosistemas. Los productos elaborados con base a transgénicos serán etiquetados de acuerdo a la ley que regula la defensa del consumidor (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2009).

El debate generado en el país acerca de esta temática, proviene ya que existe una gran divergencia entre la norma constitucional, la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad y la misma Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. Por un lado, se encuentran vedadas las semillas transgénicas haciendo énfasis en que estos organismos pueden perturbar al patrimonio genético natural del país de acuerdo al artículo 73 de la misma Constitución. Sin embargo, por el otro si es legal comercializar productos modificados genéticamente que provienen de otros países y que finalmente serán consumidos en la mayoría de hogares ecuatorianos comenzando así las pugnas entre académicos de diferentes áreas, los agroecológicos que le atribuyen daños

desmejorados al ambiente, agrobiodiversidad y al consumirlos daños a la salud denominándolo incluso “alimentos con veneno” (Giraldo, 2003; Cadena, 2006; Altieri et al., 2012; Bravo; 2017).

Además, se estipula en la LOASFAS en el artículo 56 la excepción que permite el ingreso de semillas transgénicas en el país “únicamente para ser utilizados con fines investigativos. En caso de que se requiera el ingreso para otros fines distintos, se deberá seguir el procedimiento establecido en la Constitución para tal efecto” (Constitución del Ecuador, 2017).

Continuando con este precepto, ya han aparecido casos en los que se han tratado de cultivar semillas transgénicas haciendo caso omiso a las leyes pertinentes por lo que se han interpuesto acciones de protección para precautelar la contaminación a las semillas campesinas naturales, obteniendo en este caso una sentencia favorable para culminar con dichas actividades.

Esta sentencia fue emitida por la Unidad Judicial Penal con sede en el Cantón Quevedo, en un pequeñísimo extracto de la misma concluye que “...Por ello cuando se encuentran plantas contagiadas se debe destruir todo el campo, respetando los derechos constitucionales prescritos en el Art. 66 y 76 de la Constitución de la República del Ecuador...” (Acción de Protección, 2019). Adicionalmente, al analizar las infracciones y sanciones en la LOASFAS., se destaca que aquellas operaciones que se consuman con la finalidad de introducir semillas o cultivos genéticamente modificados y que no sean destinados para únicamente fines de investigación científica, serán considerados como incumplimientos muy graves, además de ser sancionados pecuniariamente dependiendo del grado de la infracción, esta oscila entre los cuatrocientos hasta los veinte mil dólares americanos.

De encontrarse funcionarios responsables de la introducción o uso ilegal de semillas o cultivos transgénicos, estos serán destituidos de conformidad con el procedimiento establecido en la ley, sin perjuicio de la reparación integral a la que hubiere lugar”, pero si la infracción es considerada como leve la persona infractora recibirá únicamente una advertencia por escrito, conjuntamente en los casos que se requiera la Autoridad Agraria Nacional procederá con la suspensión y cancelación del registro que permitía el cultivo y certificación de la semilla (Ecuador, 2017).

Sin embargo, Ecuador aún no cuenta con una ley y reglamento oficial de bioseguridad, ni requisitos de documentación para los OGMs destinados a uso confinado y para introducción intencional en el medio ambiente, así mismo dentro del marco institucional, se hace referencia a la existencia de infraestructura, incluyendo laboratorios, ante lo cual el país cuenta con dos laboratorios para detección de OGMs en dos instituciones (AGROCALIDAD y ESPOL). Además, se considera que estos laboratorios aún requieren fortalecimiento y gestiones para la acreditación” (Ministerio del Ambiente, 2016).

Por otro lado, en el marco internacional existen instrumentos legales que precautelan la diversidad biológica a nivel mundial con aquellos países que suscriben y ratifican dicho documento, entre ellos se encuentra Ecuador, que ha ratificado el Protocolo

de Cartagena, el cual tiene como objetivo principal: “Contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización segura de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana...” (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2003).

Debido a estos antecedentes se ha promovido, la inserción de estos cultivos en países, donde se prohíbe su producción buscando los vacíos legales dentro de la legislación de sus países de manera legal o de manera ilegal, afectando la agricultura campesina e indígena del país (Houtart, 2018). Los cultivos genéticamente modificados nacen como una alternativa para solucionar problemáticas, tales como el rendimiento, la tolerancia a plagas, pero los resultados que han producido, para el ambiente en su mayoría son negativos (Altieri y Nicholls, 2012).

Los cultivos transgénicos promueven un modelo agrícola que transforma las plantas invasivas en súper malezas, los insectos benéficos en plagas, hace desaparecer de los agroecosistemas, los agentes de control biológico natural, y desplaza comunidades rurales y deteriora la salud de los pobladores que viven en su área de influencia: que favorece a grandes productores y corporaciones transnacionales, y hace imposible la convivencia armónica entre los seres humanos y el resto de especies con las que se convive en este planeta (Bravo y Gálvez, 2014).

El atender la demanda científica que ha sobrevenido de los cuerpos modificados genéticamente ha aumentado el interés productivo sin salvaguardar la conservabilidad de la flora y fauna además de no tener en cuenta las consideraciones del pueblo (Rodríguez, 2013).

Conclusiones

La agroecología con la agroindustria y la biotecnología en cuanto a la implementación de cultivos transgénicos mantiene una posición férrea en sus ideales, específicamente la agroecología defiende la diversificación de cultivos que supone la conservación de las diversidades agrobiológicas, atribuyen sus daños especialmente en la explotación exhaustiva de los cultivos (monocultivos), mientras que cierto actores de la agroindustria y biotecnología lo ven como el futuro de la alimentación ante el crecimiento poblacional.

De estas afirmaciones y de acuerdo al análisis realizado los cultivos transgénicos si permiten obtener mejores características agronómicas en los cultivos, permitiendo su competitividad, además de ser actualmente cada vez más aceptado por los consumidores, no se considera factible su aplicación pues el mal manejo agronómico de estos cultivos produce grandes daños a los ecosistemas especialmente a la agrobiodiversidad, pues se promueve la expansión de semillas (GMOs) y se pierde la diversidad genética de las semillas nativas, lo que provocaría un crecimiento desmedido de la erosión genética de los recursos fitogenéticos.

La pérdida de esta diversidad genética que contienen las semillas silvestres, nativas y locales podría representar perder

una gran cantidad de genes y alelos que expresan características agronómicas únicas e irrecuperables, que las pondrían en desventaja para proteger y garantizar la seguridad y soberanía alimentaria del país. Por ende, no se debería permitir bajo ningún contexto la implementación de cultivos transgénicos, puesto que por mejoramiento genético convencional se puede obtener iguales rendimientos. A nivel de Salud de los consumidores, no se ha demostrado que ocasionen daños directos o indirectos, aunque en algunos, si se hayan determinado afectaciones a la salud de manera indirecta.

A nivel jurídico la legislación actual del país, bajo ningún marco jurídico y solo exclusivamente por mandato directo del ejecutivo pueden ser cultivados para fines de investigación. Además, aunque se prohíbe su producción no se prohíbe su consumo, pues no se considera un alimento perjudicial, pero si económico. Las consecuencias legales de su siembra, producción y comercialización en Ecuador ya han sido sancionadas, se estima que pudieran a ver más hectáreas sembradas de forma clandestina.

Conflicto de intereses

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

Agradecimientos

Dejamos nuestro agradecimiento al Centro de Investigaciones de la Universidad Técnica de Machala, por facilitar los espacios de cooperación interdisciplinaria en el programa de “Capacitaciones de Estudiantes Investigador UTMACH-2020”, además de sus autoridades por fomentar estos espacios de cooperación.

Referencias bibliográficas

- Agosto, P. (2016). Un pueblo en lucha contra Monsanto en Córdoba, Argentina. *Ecología Política*, 51, 114-117.
- Altieri, M.A. (2003). Dimensiones éticas de la crítica agroecológica a la biotecnología agrícola. *Acta Bioethica*, 9(1), 47-61.
- Altieri, M.A. (2003). The Sociocultural and Food Security Impacts of Genetic Pollution via Transgenic Crops of Traditional Varieties in Latin American Centers of Peasant Agriculture. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 23(5), 350-359.
- Altieri, M. A. y Nicholls, I. C. (2012). Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65-83.
- Altieri, M.A. (2015). Breve reseña sobre los orígenes y evolución de la Agroecología en América Latina. *Agroecología*, 10(2), 7-8.
- Alvarez-Buylla, E. y Piñeyro-Nelson, A. (2015). El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México. *Environmental Values*, 24(4), 563-566.
- Álvarez, T., Bravo, E. y Armendaris, E. (2014). Access to horticultural seeds and food sovereignty in Ecuador. *La Granja*, 20, 45-57.
- Baquero, M., y Lucio-Paredes, A. (2010). La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 11(1), 44-46.
- Barrera-Bassols, N., Astier, M., Orozco, Q. y Schmidt, E. B. (2009). Saberes locales y defensa de la agrobiodiversidad: maíces nativos vs. maíces transgénicos en México. *Papeles*, 107, 77-91.
- Bravo, E. (2017). Visiones y tensiones sobre el debate de los transgénicos en el Ecuador. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 15(30), 11-29.
- Bravo, E. y Naranjo, A. (2016). América Latina fumigada y crisis de las commodities. El caso del glifosato de Monsanto. *Ciencia Política*, 11(21), 229-250.
- Cadena Narváez, W. X. (2006). La Biotecnología OGMS: Controversia, polémica y bioseguridad. *La Granja*, 5(1), 32-34.
- Cevallos-Suárez, M. P., Urdaneta, F., Jaimes, E. y Rodríguez-Balza, M. (2020). Transición agroecológica de los sistemas de producción agrícola de la provincia de Imbabura Ecuador. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 37(1), 69-94.
- Cerda Mejía, V. R., Pérez Martínez, A., González Suárez, E. y Concepción Toledo, D. N. (2019). El diseño de procesos bajo condiciones de incertidumbre: estrategia para el desarrollo socio-económico en la agroindustria ecuatoriana. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 131-139.
- Chamba, E. F. (2020). El modelo extractivista y los peligros para la soberanía alimentaria en el caso ecuatoriano. *Saberes*, 12(1), 1-19.
- Constituyente del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. As.
- Constitución del Ecuador (2017). Ley Orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura sustentable (Asamblea Nacional).

- Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Tadeo-Robledo, M., Vicente-Tello, S., Gómez-Montiel, N., Valdivia-Bernal, R. y Zamudio-González, B. (2014). Ley de Semillas y Ley Federal de Variedades Vegetales y transgénicos de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 293-308.
- Estrella, J., Manosalvas, R., Mariaca, J., y Ribadeneira, M. (2005). Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador. Quito, Ecuador: EcoCiencia, Iniap, MAE y Abya Yala.
- Fernández, R. J., Rush, P. y Plencovich, M. C. (2020). Agroecología y agricultura industrial: ¿dos culturas irreconciliables?. *Agronomía & Ambiente*, 39(2), 69-84.
- Forlani, N. (2015). La biopolítica del agronegocio. Intersticios de la política y la cultura. *Intervenciones Latinoamericanas*, 4(8), 99-114.
- Gabriel Ortega, J., Carchi Carchi, C., Morán Nieto, K., Salazar Salazar, L. y Castro Quijije, P. (2020). El consumo de alimentos transgénicos (ATs) en el Sur de Manabí, Ecuador. UNESUM-Ciencias. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 4(1), 55-74.
- Giraldo, A. C. (2003). Los cultivos transgénicos y las sociedades latinoamericanas. *Nova*, 1(1), 17-23.
- Giraldo, A. C. (2011). Cultivos transgénicos: entre los riesgos biológicos y los beneficios ambientales y económicos. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 231-251.
- Giunta, I. (2018). Soberanía alimentaria entre derechos del buen vivir y políticas agrarias en Ecuador. *Theomai*, 38, 109-122.
- Guzmán, E. S. (2006). Agroecología y agricultura ecológica: hacia una “re” construcción de la soberanía alimentaria. *Agroecología*, 1, 7-18.
- Heo, J. H., Pack, I. S., Park, J. H., Um, M. S., Kim, H. J., Park, K. W. and Kim, C. G. (2021). Natural hybridization between transgenic and wild soybean genotypes. *Plant Biotechnology Reports*, 15, 1-10.
- Holt-Giménez, E. y Altieri, M. A. (2013). Agroecología, soberanía alimentaria y la nueva revolución verde. *Agroecología*, 8(2), 65-72.
- Houtart, F. (2018). La agricultura campesina e indígena como una transición hacia el bien común de la humanidad: El caso de Ecuador. *Desacatos*, 56, 177-187.
- Intriago, R. y Gortaire Amézcuca R. (2018). Agroecología en el Ecuador. Proceso Histórico, Logros y Desafíos. *Agroecología*, 11(2), 95-103.
- Intriago Barreno, R. S. y Bravo Velásquez, E. (2015). Situación actual del Ecuador como territorio libre de transgénicos. Letras Verdes. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 18, 264-275.
- Intriago, R., Gortaire Amézcuca, R., Bravo, E., & O’Connell, C. (2017). Agroecology in Ecuador: historical processes, achievements, and challenges. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3-4), 311-328.
- Krishna, V., Qaim, M. & Zilberman, D. (2016). Transgenic crops, production risk and agrobiodiversity. *European Review of Agricultural Economics*, 43(1), 137-164.
- Lacey, H. (2007). Há alternativas ao uso dos transgênicos? Novos estudos *CEBRAP*, (78), 31-39.
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. (2009). In Directorio del Registro Oficial.
- Ley Organica de defensa del consumidor (2000). Registro oficial Suplemento 116, Art. 13.
- López, C. H. & Sorondo, L. (2020). Agroecología y soberanía alimentaria: ideas para el debate en camino a la agricultura sostenible. *Revista Cienc. Tecnol. Agrrollanía*, 19, 80-87.
- Martínez, R., & García, J. (2017). Análisis del desarrollo de la agroindustria local ecuatoriana y su relación con el potencial territorial. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(25), 45-54.
- Martinolich, A. (2006). Derechos de propiedad intelectual en las obtenciones vegetales: el caso de la soja y el conflicto Monsanto-Productores Agropecuarios. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- Massieu Trigo, Y. C. (2009). Cultivos y alimentos transgénicos en México: el debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas. *Argumentos* (México, DF), 22(59), 217-243.
- Mederos-Ramírez, A. & Ortiz-Pérez, R. (2021). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la soja (*Glycine max* (L) Merrill). *Cultivos Tropicales*, 42(1), 1-10.
- Ministerio del Ambiente. 2016. Estudio sobre la Implementación del Plan Estratégico 2011-2020 del PCSB en el País; Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV) 2013-2017; Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción (ENB-PA); y, Protocolo de Nagoya Kuala Lumpur (PNKL) sobre responsabilidad y compensación suplementario al PCSB. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (2003). Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la Biotecnología del convenio sobre la diversidad biológica. Cartagena.
- Motta, R. & Alasino, N. (2013). Medios y política en la Argentina: las disputas interpretativas sobre la soja transgénica y el glifosato. *Question*, 1(38), 323-335.
- Oleas, M. E., Tejada, E. E., & Lascano, R. M. (2016). Conocimientos y aceptación de alimentos transgénicos en adolescentes de la provincia de Imbabura, Ecuador. *Rev. Esp. Nutr. Comunitaria*, 22(1), 1-9.

Ortega, G. (2009). Agroecología vs. Agricultura convencional. *Base Investigaciones Sociales*, 24.

Ortega-Pacheco, D. V., Ordoñez, A. P. S. Díaz, D. G., Redondo, W. V., & Cañarte, E. C. (2020). Análisis de sostenibilidad socioeconómica, productiva y ambiental de productores agroecológicos a pequeña escala en Manabí-Ecuador: caso de estudio Membrillar. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 5(2), 40-65.

Pérez, M. (2003). Transgénico prohibido para consumo humano contaminó maíz en 9 estados. *La Jornada*, 9.

Reyes S., M. S. y Rozowski N, J. (2003). Alimentos transgénicos. *Revista Chilena de Nutrición*, 30(1), 21-26.

Sámamo Rentería, M. A. (2013). La agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1251-1266.

Sztulwark, S. y Girard, M. (2020). La edición génica y la estructura económica de la agrobiotecnología mundial. Una mirada desde los países adoptantes. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 15(33), 11-41.

Velásquez, E. B. (2014). Los cultivos transgénicos y los paradigmas científicos de los que emergen a la luz de los derechos de la naturaleza. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 16, 54-75.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Jonathan Zhiminaicela-Cabrera	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Ana Paula Bravo-González	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
José Nicasio Quevedo-Guerrero	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Ivanna Gabriela Tuz-Guncay	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Rigoberto Miguel García Batista	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.
Sayda Noemi Herrera-Reyes	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.



Revisión sistemática de las metodologías para tomar acciones que minimizan los efectos negativos ocasionados por las máximas avenidas de los ríos

Systematic review of the methodologies to take actions that minimize the negative effects caused by the maximum avenues of the rivers

Autores

✉ ¹**Sócrates Pedro Muñoz Pérez*

✉ ²*Lucy Cassandra Torres Torres*

✉ ³*Jainer Luysin Navarro Medina*

¹Universidad Señor de Sipán, Perú.

*Autor de correspondencia.

Resumen

El presente artículo describe las diferentes metodologías aplicadas en el análisis de eventos extremos, con la finalidad de prever cuales serían los efectos negativos ocasionados por las máximas avenidas de los ríos; asimismo se demuestra que la urbanización de áreas inundables y el crecimiento poblacional desmedido origina que los niveles de riesgo y vulnerabilidad aumenten considerablemente, enfatizando como medida preventiva primordial el control del crecimiento poblacional y fiscalización en la depredación de bosques y ríos. Con el objetivo de brindar cuatro metodologías breves que especifican los diferentes métodos empleados para el análisis de cada evento extremo. En los cuales uno de los agentes más expuestos es la población vulnerable, por ende, se busca tomar acciones para reducir estos impactos negativos.

Palabras clave: inundaciones; máximas avenidas; riesgo; vulnerabilidad.

Citación sugerida: Muñoz Pérez, S. P., Torres Torres, L. C. y Navarro Medina, J. L. (2021). Revisión sistemática de las metodologías para tomar acciones que minimizan los efectos negativos ocasionados por las máximas avenidas de los ríos. *La Técnica*, 11(1) 56-64. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v0i25.2912>

Recibido: Noviembre 05, 2020

Aceptado: Diciembre 20, 2020

Publicado: Enero 08, 2021

Abstract

This article describes the different methodologies applied in the analysis of extreme events, in order to foresee the negative effects caused by the maximum floods of the rivers; Likewise, it is shown that the urbanization of floodplain areas and the excessive population growth causes the levels of risk and vulnerability to increase considerably, emphasizing as a primary preventive measure the control of population growth and control of the depredation of forests and rivers. With the aim of providing 4 brief methodologies that specify the different methods used for the analysis of each extreme event. In which one of the most exposed agents is the vulnerable population, therefore actions are sought to reduce these negative impacts.

Keywords: overflows; floods; maximum floods; risk; vulnerability.

Introducción

Actualmente, el calentamiento global y la destrucción masiva de áreas verdes, está ocasionando que los fenómenos naturales como las inundaciones se conviertan en eventos globales con un mayor número de ocurrencias en lapsos de tiempo cada vez más cortos, teniendo un impacto negativo en diversos países, sobre todo en aquellos con una gran tasa de natalidad y aumento descontrolado de “Asentamientos Humanos y bienes inmuebles en las Planicies Aluviales” (Perles, 2010) o en zonas de alto riesgo (áreas adyacentes de las orillas de ríos, playas, entre otros), demostrando que la falta de medidas de prevención o la no aplicación de las mismas originan un alto índice de pérdidas económicas y humanas.

Según Gómez y Jaramillo (2019) “Los desastres de origen hidrometeorológico son influenciados por el fenómeno El Niño, el cual provoca precipitaciones abundantes en la mayor parte de la costa” (p.3), afectando a diversos países de Sudamérica y Centroamérica, y teniendo consecuencias indirectas a escala global, Urbizagástegui y Contreras (2018) describieron que “Los efectos medioambientales se sienten en el mundo; precipitaciones monzónicas en India, tifones en Asia, inviernos cada vez más fríos en Europa, y sequías en Australia e Indonesia”(p.2).

Perles (2010) señaló que “El indicativo de vulnerabilidad ante la inundación está fundamentado en los términos de exposición, resiliencia y susceptibilidad. Los indicadores permiten contemplar las componentes sociales, económicas, ambientales y territoriales de la vulnerabilidad”, adicionando que las consecuencias e impactos negativos afecta a cualquier tipo de sociedad en diversos aspectos, con una escala mayor o menor de impacto, dependiendo de su grado de exposición y nivel de prevención ante desastres, generando siempre un atraso en su desarrollo, sobre todo en lugares con geografía accidentada, Así mismo lo indicaron Orellana et al. (2017) “Las inundaciones fluviales son uno de los peligros más considerables en las ciudades andinas debido a su frecuencia y altos daños económicos” (p.2).

Malagón et al. (2017) señalaron que “Las inundaciones han significado más del 40% de los desastres en el mundo” (p.10), y sus consecuencias no solo se centran a los países en vías de desarrollo. Cevallos et al. (2016) señalaron “En el 2013 las inundaciones que causaron daños económicos se presentaron en Alemania con pérdidas de USD 16,5 mil millones, seguidas por Canadá con \$ 4,7 mil millones” (p.3). Dando a conocer que el cambio climático acelerado ha originado que los fenómenos naturales se conviertan en eventos sucesivos en los últimos años y causen efectos negativos a nivel mundial; según Vergara (2019) “todas las pérdidas económicas, de tierras, animales y los problemas asociados a este fenómeno se presentan durante los meses siguientes y en algunos casos, años después de pasada la inundación” (p.7), lo cual indicó el alcance de los daños materiales originados por estos desastres naturales.

Además de registrar pérdidas económicas, Fernández de Córdova et al. (2020), indicaron que “38577 es el número promedio anual de muertes generadas por inundaciones en el mundo” (p.2). Siendo los países en vía de desarrollo en donde ocurren la mayoría de las muertes, ya sea durante los eventos de inundación o como consecuencia de los mismos. Esto se puede observar en países como México, Villa Hermosa, donde en el año 2011 “el número de personas afectadas por inundaciones fue de 300.000” (González et al., 2016) (p.2), y Ecuador, en donde se han registrado en la base de datos de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos desde el año 2010 hasta el 2016 un total de “7.239 damnificados, 756 viviendas destruidas y 11.333,77 hectáreas de cultivos perdidas; además, resultaron afectadas 191.205 personas, 28.035 viviendas, 329 centros educativos y 4.678,79 hectáreas de cultivo”.

Burgos et al. (2019) o lo explicado por Chávez et al. (2016) describiendo que las “USD 4.537 millones provocaron de pérdidas económicas las inundaciones en México de 1980 a 1990”. (p.3).

A nivel nacional se tiene registros que “En los años 2003 al 2012 las inundaciones y las fuertes precipitaciones perjudicaron a 4,3% de la población Peruana. Según el Instituto de Defensa Civil (INDECI) se reportaron 687.820 personas que fueron afectadas y 66.943 casas colapsadas” (Mechato, 2017). Demostrando que en años sin incidencia de eventos extraordinarios por fenómeno El Niño se ha registrado daños económicos ocasionados por inundaciones, dejando la interrogante si en las diferentes ciudades de Perú existe la infraestructura adecuada para prevenir riesgos ante lluvias intensas, o las medidas preventivas para evitar inundaciones por desbordes de ríos.

Este tipo de eventos no son recientes, durante el transcurso de la historia, según Takahashi (2017) “una fuerte contracorriente oceánica en el año 1891 trajo aguas cálidas desde Ecuador hasta La Libertad” (p.3), lo que originó una ola excesiva de calor e inundaciones en la costa de Perú; evento extraordinario que continuaron repitiéndose durante los años 1925, 1987, 1998 y 2017, este último que ocasionó pérdidas de vidas humanas, así como daños materiales, ocasionado ya sea por las fuertes precipitaciones o inundaciones por desborde de ríos.

En Perú el desborde de los ríos ha sido el origen de la mayoría de las inundaciones registradas, esto se ha visto en Lima en 1998, según Villacorta (2018) “Se produjo una inundación provocada por el desborde del río Huaycoloro que afectó distritos como el Rimac y San Juan de Lurigancho. Del mismo modo resultó perjudicado el distrito de San Martín (San Diego) por desborde del río Chillón” (p.82). Asimismo, los daños económicos que sufre el país ante eventos extraordinarios por el Fenómeno El Niño, según lo registrado por el Ministerio de Economía y finanzas son “USD 3.5 mil millones (6,2% del PBI), similar a lo ocurrido en

1982-1983 que provocó daños por USD 3,3 mil millones (11,6% del PBI), con un mayor impacto en las regiones de La Libertad, Lambayeque y Tumbes” (Hernández et al., 2016).

Pero no solo existen inundaciones en zonas costeras, Asurza et al. (2018), indicaron que “Las inundaciones en Huancané han estado relacionadas con el nivel del Lago Titicaca, generándose así dos inundaciones entre 1982-1986 y 2003-2004” (p.6). Esto se originó por el desborde de los ríos Huancané y Ramis, ocasionando pérdidas de cultivos, viviendas afectadas, instituciones educativas y postas de salud, así como la interrupción de las principales vías del país.

El Fenómeno El Niño, una de las causas que generan inundación en la costa peruana fue definido por Jiménez et al. (2018) “como la respuesta dinámica del océano pacífico, al forzamiento consecutivo de los vientos ecuatoriales, cambios en la temperatura superficial del mar, la variación de la temperatura ambiental y el régimen de precipitaciones” (p.2). En el último evento extraordinario ocurrido en el año 2017, las ciudades de Trujillo, Chiclayo, Piura y Huarmey soportaron lluvias intensas que superaron récord históricos observados únicamente en eventos extraordinarios El Niño”.

De acuerdo al Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN, 2017); la estación meteorológica “Morropón” (Piura) para el 22/02 registró 150 mm·24 h⁻¹, la más alta de su registro histórico de febrero”. Asimismo, el 04 de marzo en la estación Jayanca (Lambayeque) se reportó el segundo valor más alto de toda su serie histórica con 113 mm·24 h⁻¹, valores que se vieron reflejados en inundaciones de terrenos y ciudades, colapsos de sistema de desagües, desbordes de ríos, entre otros.

Pero no solo se ha sufrido pérdidas económicas por la destrucción de la infraestructura en zonas urbanas, según Vásquez (2018) “El río La Leche tiene una zona crítica en épocas de lluvias, con una zona vulnerable de 14 km de largo, en donde ha ocurrido desbordes” (p.14), ocasionando cuantiosas pérdidas de bienes tangibles e intangibles, afectando a la población de los distritos de Íllimo, Pacora, Jayanca y Pitipo, el cual se vio reflejado en el año 2017 donde fueron afectadas miles de familias por el derrumbe de sus viviendas, aumento de enfermedades como influenza, malaria, meningitis, leptospirosis, fiebre, cólera, tifoidea, peste bubónica y conjuntivitis.

Adicionalmente se generaron inundaciones que ocasionaron desplazamiento de la población, proliferación de plagas como el dengue, según Cuartas et al. (2017) “La humedad genera un hábitat para el aumento de mosquitos ocasionando cambios en el hábitat, y, por ende, del vector” (p.9); además, de inundaciones en terrenos destinados al cultivo, que ocasionaron pérdidas económicas y de vidas humanas en distritos del departamento de Lambayeque por donde recorre el río La Leche que no cuentan con un plan estratégico o infraestructura adecuada para prevenir los efectos negativos originados por desbordes de eventos extraordinarios o máximas avenidas.

Sánchez (2016) “Hoy en día, las inundaciones perjudican desde caseríos sin infraestructura, hasta ciudades que cuentan con planes contra inundaciones” (p.9), siendo esta problemática

agravada en muchos casos por la no planificación de los gobiernos en medidas preventivas, falta de supervisión en la expansión urbana, o falta de ejecución de obras de protección de ríos como descolmatación, espigones, muros de contención, trabajos de forestación y rehabilitación de defensas ribereñas; Fernández et al. (2018) indicaron que “sin estudios que den de manifiesto la problemática y muestren los lugares de posible daño, es difícil emprender planes que busquen prevenir”, lo que da a entender que necesariamente debe existir un estudio de vulnerabilidad ante inundaciones y analizar cuál sería el riesgo de urbanizar ecosistemas inalterados.

Metodología

Moreno y Oliva (2017) indicaron como tema de planificación para evitar desbordes e inundaciones el “Evaluar la capacidad de conducción de los cauces para soportar una avenida y así evitar o disminuir los daños generados por las inundaciones” (p.17), este tipo de acciones ayudarían a reducir los impactos negativos que se presentasen antes, durante y después de ocurrida la amenaza, y con la ayuda de las tecnologías actuales, se puede complementar con resultados más apegados a la realidad al momento de realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos; proyectando acciones que eviten el desborde por pérdida en la sección hidráulica de los ríos, tal como lo indicaron Rodríguez et al. (2017), “se ha dado prioridad a los principios hidrológicos, ignorando el transporte de sedimentos” (p.2), así como la erosión de sus márgenes.

Otra medida fue lo planteado por Tapara (2018), donde indicó como solución del problema “Analizando y aplicando modelos probabilísticos y el modelo HEC HMS” (p.2) se puede “Generar información base para fines de acondicionamiento y protección de defensa ribereña y elaborar propuestas de prevención de desastres por eventos extremos” (p.2). Para lo cual se discrepa con el autor en relación al modelo HEC HMS, ya que actualmente existen diversos programas que pueden brindar información más completa y acorde con la zona de estudio; asimismo, se concuerda que la información base para diseñar obras de acondicionamiento y defensa ribereña sería el estudio hidrológico, y teniendo en cuenta el riesgo de falla de cada estructura hidráulica.

También se tienen los estudios de vulnerabilidad, los cuales “Son indispensables para identificar las características que hacen que un sistema sea vulnerable a los efectos adversos de un evento natural” (Chávez et al., 2016), demostrando que las pérdidas económicas y de vidas humanas por inundaciones se pueden evitar con acciones previas, claro ejemplo se ve en la ciudad de La Guajira “Adaptación Urbana frente a inundaciones con el soporte de la modelación matemática MODCEL en Riohacha, La Guajira-Colombia” (Pérez et al., 2018), en donde se planteó posibles soluciones a inundaciones pluviales urbanas en los límites del río Ranchería, basándose en un modelo computarizado como solución a la falta de un registro histórico hidrológico o por datos que no se encuentren dentro de los márgenes de confiabilidad.

Pero que tan necesario son estos estudios, según Arreguín y López (2016) “Las inundaciones ocurridas en el planeta desde 1985 a 2010 (3.713 casos), el mayor número de ellas han sucedido en zonas urbanas” (p.6). esto se debe a que diversas

ciudades no cuentan con un sistema de drenaje pluvial efectivo, o en su defecto, carecen del mismo, además de contar con infraestructuras inadecuadas o mal ubicadas, sumado a la deforestación y modificación de los ecosistemas, generando la impermeabilización del suelo, y que los volúmenes de agua que se infiltren sean menores en comparación de los terrenos inalterados, escurriendo por las calles y se descarguen en los ríos, generando que se cambie el comportamiento de las inundaciones al modificar su ciclo.

Al definirse riesgo, Díaz (2018) refirió que es “la función de la amenaza, la exposición de la población y sus bienes a la amenaza y de la situación de vulnerabilidad a la que se expone la población y sus activos” (p.10), siendo muchos países los cuales no cuentan con un adecuado plan de prevención de riesgos ante desastres por inundación, pese a contar con las entidades del estado destinada para elaborar los estudios de vulnerabilidad.

Este es el caso del “Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, organismo gestor de la cartografía necesaria para el cumplimiento por parte de España” (Perles, 2010), indicando que no han contemplado la elaboración de cartografías de vulnerabilidad social frente a inundaciones, pese a ser un ente con un compromiso en materia de inundaciones, demostrando una vez más que se espera solucionar las consecuencias originadas por las inundaciones, en vez de prevenir los daños originados por la misma.

Métodos de enseñanza en el país

Otra medida preventiva sería contemplar en los gobiernos distritales, regionales y nacionales proyectos de prevención, tal como lo describió Aldana (2016) “Los procedimientos de alerta temprana deben formar parte de las estructuras institucionales y legislativas nacionales y complementarse con servicios profesionales, actividades de formación y creación de capacidad y asignación de los recursos” (p. 2).

Se deben implementar los servicios de alerta temprana ante inundaciones como metas para un desarrollo sostenible en la sociedad, y se reduzcan los daños ante eventos extraordinarios, previniendo los resultados negativos con acciones estratégicas en zonas vulnerables, con una adecuada proyección y administración, maximizando de esta manera el uso de los recursos; conllevando a los municipios y entidades del estado a elaborar acciones de reconocimiento como lo planteó Vásquez (2018) “Identificar ríos de Perú que requieran la ejecución de obras de defensa ribereña y limpieza de cauces” (p.29), no dejando de lado a las “Actividades de gestión (políticas y leyes; una mayor conciencia pública; capacitación y educación, entre otras)” Aldana (2016).

Bajo el criterio de los autores de la presente, esto conllevaría a disminuir drásticamente los impactos negativos que podrían generar las inundaciones por eventos extraordinarios del Fenómeno el Niño.

Con lo expuesto anteriormente, se demostró que en los gobiernos distritales, municipales y regionales no existe una adecuada proyección de riesgos por inundaciones, o que no se da la importancia debida, esto se demuestra en las pérdidas económicas ocasionadas en el evento fenómeno El Niño del año 2017.

Vásquez (2018) dió a conocer que en Perú “Para la ejecución de estas obras de mitigación se requiere un monto aproximado de \$ 786.059.373,00” (p.13); es decir, que solo en obras de prevención se necesita la inversión descrita, ya que después de ocurrir los desastres por inundación en zonas expuestas, la inversión aumenta considerablemente en la ejecución de obras destinadas a la reconstrucción, eso sin contar los daños irreparables como son las pérdidas de vidas humanas, por la formación de los desastres naturales.

Metodología para determinar la zona de alta vulnerabilidad

Según Bustos y Delgado (2020) la causa de las inundaciones “se debe a los ciclos regulares del río, y la segunda causa es por la intervención de la mano del hombre en la cuenca que transforma la frecuencia e intensidad con la que se inunda el río” (p.2).

Diversas ciudades han elaborado estudios para reconocer zonas vulnerables ante inundaciones, usando métodos que se acoplen a su realidad, tal como el estudio de vulnerabilidad realizado en la subcuenca del río Atoyac-Oaxaca de Juárez, ubicada al sureste de la República Mexicana, contando con una superficie de 3.727 km² y abarcando los distritos de “Etla, Ixtlán, Centro, Tlacolula, Ocotlán, Ejutla y parte de Miahuatlán y Sola de Vega, tiene 1003 localidades con una población de 1.012.492 habitantes, y una densidad poblacional de 172,68 habitantes por km²” (Chávez, et al., 2016), usando este procedimiento se dividió en tres fases.

La primera fase del estudio se realizó con base a la selección de los criterios de grado de inclinación de las pendientes, coberturas y uso de suelo, distancia existente entre los ríos y cuerpos de agua, tipos de suelos y sustratos geológicos, y junto a la cartografía digital del terreno, se elaboró la geobase de datos.

En la segunda fase se construyó el índice de vulnerabilidad biofísica (IVBF) usando la plataforma SIG (ArcView 10.1), dividiendo las inclinaciones de las pendientes en 0 a 6°, 6° a 15°, 15° a 25° y 25 a 80°, mientras que “la cobertura y uso de suelos se dividió en las clases de cuerpos de agua, bosque/selva, matorral/pastizal, cultivos y zona urbana” (Chávez et., 2016), también se clasificó la distancia de los cuerpos de agua en 0 a 478,19 m, 478,19 a 996,24 m, 996,24 a 1574,06 m, 1574,06 a 2371,05 m y 2371,05 a 5080,83 m.

También se dividió los tipos de suelo en las categorías “vertisol/phaeozem, acrisol, luvisol/cambisol y leptosol/regosol” y la geología se separó en A (gneis, granito) B (aluvial, residual, lacustre), C (lutita, andesita, basalto, lutita-arenisca, calizas,

caliza-lutita), D (limolita-arenisca, conglomerado) y E (arenisca, tobacida, monzonita); obteniendo los mapas de vulnerabilidad biofísica y clasificándolos en las categorías de alta, moderada y baja.

En la tercera fase se recopiló la información histórica de fenómenos hidrometeorológicos que han inundado la zona de estudio en los últimos 27 años, realizando la comparación con la zona de alta vulnerabilidad ante inundaciones elaborado, para corroborar la confiabilidad de la información generada.

Metodología de simulación para el estudio de vulnerabilidad

Según la metodología anteriormente mencionada no solo en la ciudad de Juárez han realizado este tipo de estudios, en el río Ranchería (Colombia) se ha elaborado un estudio de vulnerabilidad ante inundaciones en los últimos 12 km del tramo del río y en línea recta 7,2 km, donde se ha utilizado la herramienta IBER 2D del software IBER v2.3.2, con la finalidad de simular el evento ocurrido el 18/09/2011 y constatar si usando diques como defensa ante inundaciones tendría impactos positivos, y en caso de que ocurra la falla en la estructura, cuáles serían las zonas inundables, y si estás afectarían a la zona urbana adyacente al área de estudio, ubicada a la margen izquierda del río.

El procedimiento del estudio se dividió en las siguientes partes:

Entrada de datos topográficos: se obtuvieron usando Google Earth TM, y se complementó realizando visitas de campo y el criterio de los investigadores, ya que los datos altimétricos obtenidos por el programa Google Earth TM fueron redondeados a números enteros en metros, disminuyendo la precisión del MDT.

Diseño del cauce y llanura de inundación: el cauce del río se aproximó a una sección trapezoidal de configuración plana y de escasa pendiente propia de un delta, usando archivos shaperfile y realizando interpolación lineal en los pares de puntos ubicados en el cauce del río, se estableció las cotas del fondo del río. También se identificaron las áreas desprovistas de vegetación alta, viviendas, entre otros puntos de interés al estudio.

Generación del MDT preliminar: con la data topográfica obtenida, se realizó la red de triángulos irregulares (TIN) del terreno, y después de realizar el análisis de la nube de puntos para una mejor respuesta visual, se elaboró el formato TIN usando la herramienta TIN to Raster del programa ArcMacTM.

Simulaciones en IBER con MDT preliminar: esta etapa se realizó para verificar los fallos del MDT preliminar, por intermedio de un caudal elevado tomado al azar del registro histórico, para evaluar visualmente los datos del flujo, cauce y llanura, con la finalidad de ser más apegados a la realidad.

Obtención del MDT definitivo: después de realizar las correcciones mediante múltiples iteraciones; se obtuvo el MDT definitivo compuesto por un “tamaño de celda (resolución espacial) de 23,4 m (248 columnas x 248 filas)” (Pérez et al., 2018), que visualmente representó el flujo, siendo usado para la parametrización de IBER 2D y así realizar las simulaciones definitivas.

Parametrización del modelo: es la preparación de los datos hidrológicos históricos y definición de las condiciones hidrodinámicas, usando IBER 2D se obtuvo una “malla de cálculo computacional con 21.601 nodos y 36.704 elementos” (Pérez et al., 2018).

La condición inicial. Se obtuvo a partir de las cinco estaciones hidrométricas oficiales, conteniendo los registros diarios desde el año 2007. La condición inicial en IBER estuvo representada por un hidrograma, definiéndose como un caudal total en función del tiempo, para ello fue necesario encontrar el caudal permanente para el día 17/09/2011 y de allí construir el hidrograma correspondiente (17/09/2011-24/09/2011), al no existir registro de caudales a paso horario, se restringe la simulación a frecuencia diaria.

Para la identificación de crecidas se realizaron las pruebas de distribución Log Normal, Log Normal I, Gumbell, Pearson III y Log Pearson III, obteniendo los tiempos de retorno con el caudal que mejor se ajustó, luego se determinó la capacidad del caudal en cinco secciones transversales del río usando el programa HCANALES, considerando valores de coeficientes de fricción “n” típicos para canales naturales, y para la planicie de inundación se usó el valor de 0,6.

Las condiciones del contorno (llanura de inundación y cauce del río) se usó un polígono en formato shaperfile que luego de ser convertido al MDT definitivo, se importó al IBER 2D para que se le asignen las condiciones hidrodinámicas específicas en el área de estudio, asignando los regímenes subcríticos en las planicies de inundación y crítico/subcrítico en el contorno aguas arriba del río.

Se creó la malla de cálculo, la cual se le brindó mayor detalle en las llanuras adyacentes a la zona urbana, ya que se quería conocer a profundidad los niveles de vulnerabilidad; por lo tanto, se dio como tamaño de los elementos 15 m para esta zona izquierda del río, y para la derecha donde limitó con bosques secos y de manglar, se brindó un detalle de 50 y 100 m.

En la definición de las alternativas de inundación se tuvieron dos, siendo la primera una simulación de una inundación en la ciudad de Riohacha para simular el evento ocurrido el 18/09/2011, y verificar que tanta influencia tuvo el río en la inundación de la zona urbana; y la segunda fue verificar si colocando un dique de 1 m de alto y 3 m de ancho serviría como protección para una comunidad vulnerable ubicada dentro del delta del río.

Metodología para disminuir la susceptibilidad ante un evento extremo

Pero no sólo se limita al uso de computadoras y satélites, otras medidas han sido usadas en ciudades como La parroquia Santa Ana de Vuelta Larga, ubicada en el centro este del Cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador con, una población de 22 298 habitantes aproximadamente, y debido a su pendiente media de 2,5° que favorece el proceso de inundación su ubicación y a las altas precipitaciones que en ella discurren (500 a 1200 mm) han originado diversas inundaciones y daños en épocas de Fenómenos del Niño. Los estudios de vulnerabilidad global

aplicados han sido calculados a partir de la fórmula modificada de Noriega, para cuatro aspectos que abarcan 14 variables, los cuales fueron aspecto físico, social, ecológico y económico. La obtención de los datos se realizó mediante observación directa, análisis cartográfico con el uso de la herramienta SIG y encuestas realizadas a 378 personas.

El aspecto físico se midió en función de tres variables obtenidas por observación directa, las cuales fueron clasificadas por el material de construcción de la vivienda (hormigón, madera y caña), conservación de infraestructura (buena, regular y mala) y cercanía al río en metros (> 600 , $400 > 600$, $200 > 400$ y < 200).

Para la primera y segunda variable se elaboró la creación de una cartografía en la que los asentamientos humanos fueron sectorizados por poblados, barrios o ciudadelas; y para la tercera variable se realizó la estratificación del área de estudio. Para el aspecto físico se consideró que las viviendas más cercanas al río (< 200 m hasta los < 400 m) representaron un nivel de exposición alto, y se incrementó conforme se encontraron más cercanas al río; asimismo, los materiales más vulnerable fueron las construidas con caña, siendo el riesgo mayor si la infraestructura se encontraba en mal estado de conservación.

El aspecto social se dividió en cuatro variables con tres indicadores cada una, siendo la afectación a la población ($< 0,25$; $0,25 - 0,50$, $> 0,50$), percepción del peligro en la población (alta, media y baja), preparación de población, presencia de barrios insalubres (alta, media y baja) y desechos sólidos (alta, media y baja).

Para la primera variable se elaboró un mapa de áreas susceptibles a inundaciones y la cuantificación del número de casas ubicadas dentro del área con mayor susceptibilidad; “para la segunda y tercera variable se elaboraron encuestas enfocadas en determinar el conocimiento de la población acerca del riesgo, las acciones y la ayuda brindada por el gobierno local (antes, durante y después de un evento de inundación), y la existencia de albergues, entre otros” (Burgos et al., 2019); y para la cuarta variable se usó la observación directa.

El aspecto ecológico se realizó usando dos variables con tres indicadores cada una, las cuales fueron fragilidad de los ecosistemas (poca, media y alta) y cobertura vegetal (bosques, plantaciones y sin cobertura), en la primera variable se realizó una sobreposición de cartografías de reducción, fragmentación y sensibilidad de los ecosistemas; y en la segunda variable se clasificó el territorio de acuerdo a los tipos de cobertura vegetal existente.

En el aspecto económico se analizaron tres variables con tres indicadores, las dos primeras variables con tres indicadores y la tercera variable con cuatro indicadores; las cuales fueron afectación de comercios (poca, media y alta), nivel de pérdida ($<$

$\$500$, $\$500-\1.500 , $> \$1.500$) y cercanía de parcelas al río (> 600 m, $400 > 600$ m, $200 > 400$ m y < 200 m); la primera y la segunda variable fueron evaluadas por encuestas para cuantificar las pérdidas económicas en los comercios y familias afectadas, mientras que en la tercera variable se empleó la cartografía referente al uso del suelo y cobertura vegetal.

Metodología para la selección de indicadores de exposición y vulnerabilidad

Según los estudios de vulnerabilidad, el cual no solo se basa en cuantificar por medio de fórmulas matemáticas, análisis computacional o aplicar métodos de observación, donde se busca prever cómo será el evento extremo más desfavorable, según Perles (2010) “se ha abusado de la idea de imprevisibilidad del riesgo, por identificación con la imprevisibilidad temporal-espacial del suceso extremo, desatendiéndose los componentes de exposición y vulnerabilidad del medio humano” (p.4), indicando que la mayoría de recursos usados para la prevención de riesgos ante inundaciones se basan en construir estructuras con un alto costo de presupuesto y con cierto margen de falla, costo que podría reducirse exponencialmente si se aplicara un correcto ordenamiento territorial.

La presente metodología consistió en seleccionar y modificar variables relacionadas con la exposición desde una perspectiva ordenada y sistemática, tomando las pérdidas económicas como un indicador de vulnerabilidad poco confiable, ya que este indicador no fue igual en todas las realidades, no todas las ciudades tienen el mismo potencial económico o presentan una mayor exposición en su economía, lo que no necesariamente podría significar que sean más vulnerables frente al peligro o a la propia pérdida; y analizar en forma separada la vulnerabilidad frente al peligro y frente a la pérdida, ya que las acciones preventivas son de interés para la vulnerabilidad, y el peligro da una guía sobre las paliativas (grado de dependencia y existencia de alternativas, desarrollo y eficacia de los sistemas de seguro y compensación).

También se diferenció los factores que condicionaron la resistencia bio-física a la pérdida o al peligro respecto a los factores de resistencia al índole social (el cual buscó implementar sistemas preventivos de protección, gestión de emergencia frente a catástrofes, sistema de vigilancia y control al peligro, sistema de información social, cooperación y comportamiento social frente al riesgo y la catástrofe y conocimiento o percepción del peligro).

Siendo la debilidad lo que se relacionó con la vulnerabilidad (localización de la población y de los bienes en áreas de peligro o que tan cerca se encontraron los puntos de asistencia, presencia de grupos de edad vulnerable, actividades realizadas que fueron afectadas por el peligro o por la incapacidad de seguir produciendo durante y posterior a las catástrofes, protección de

bienes con valor patrimonial), la capacidad de recuperación en donde una situación alterada regresé a su estado original, y el concepto de tolerancia reflejó la incidencia de los eventos de catástrofe previo y como se analizarían para tomar acciones que hicieron frente a catástrofes similares o de mayor magnitud en el futuro.

Desarrollo

La primera metodología se dividió en tres fases para realizar la comparación con la zona de alta vulnerabilidad ante inundaciones. Asimismo, se debe tener un adecuado planeamiento de reforestación; siendo una medida viable y adecuada para mitigar los impactos negativos para reducir las zonas vulnerables ante inundaciones, ya que la vegetación “modifica la intensidad y el diámetro de gota del agua que cae al suelo, lo que reduce la intensidad de la lluvia y aumenta la cobertura de las gotas, para permitir mayor infiltración” (Chavez et al., 2016, p.9). Para determinar este criterio fue primordial considerar la inclinación de la pendiente del suelo, debido que una zona no necesita ser denominada vulnerable si no se realiza un previo análisis y estudio de ello.

La segunda metodología buscó modelar computacionalmente 12 km del tramo del río y en línea recta 7,2 km del río La Ranchería, usando la herramienta IBER 2D del software IBER v2.3.2, se simuló el evento ocurrido el 18/09/2011, usando diques en la zona a proteger (comunidad Villa Fátima), se pudo observar un efecto desfavorable ya que se magnificó por todo tipo de barrera construida a lo largo de la línea de la costa (obras de protección tipo espigones) que afectaron la descarga al mar dando una sensación de falsa seguridad, y favoreciendo el urbanismo descontrolado en las zonas vulnerables.

Este modelamiento de diques fue como defensa ante inundaciones e impactos. Esto llevó a replantear el uso de barreras blandas por intermedio de la reforestación y enfoques ecológicos de barrera.

La tercera metodología consistió en seleccionar y modificar variables relacionadas con la exposición y vulnerabilidad desde una perspectiva ordenada y sistemática, esto se observó en la aplicación de la presente metodología, donde indicó que “17 poblados ubicados a menos de 200 m de distancia al río, lo cual materializa la vulnerabilidad, en su aspecto físico, por localizarse en la zona de desborde” (Burgos et al., 2019).

Tomando como solución la proyección del ordenamiento territorial; y así determinar si las zonas de riesgo pueden ser mitigables implementando medidas estructurales y no estructurales, o realizando la reubicación de viviendas por intermedio de ordenanzas y otras medidas legislativas. Para establecer un indicador que explique o determine una zona vulnerable se debe considerar siempre distintos factores, pero la naturaleza no determina específicamente cuál es el factor principal de este suceso.

La cuarta metodología buscó aplicar un correcto ordenamiento territorial, seleccionando variables relacionadas con la exposición desde una perspectiva ordenada y sistemática, y analizando en

forma separada la vulnerabilidad frente al peligro y frente a la pérdida

Es importante recordar que los efectos asociados a desastres naturales afectan a todos los grupos etarios, pero las políticas públicas deben tener especial cuidado en la focalización de los grupos vulnerables (Gisely Hajar, 2016).

Generar mapas de riesgo donde se ilustran posibles daños asociados con las inundaciones por zonas y por periodo de retorno (Rubén Ernesto, 2016).

Plantear diferentes medidas preventivas para el control de diferentes enfermedades entre ellas las asociadas a las inundaciones y con estas se buscó disminuir el peligro de aparición de enfermedades por medio de intervenciones adecuadas de salud pública en relación con los factores de riesgo (Bustos, 2018).

Proponer estrategias de desarrollo sostenible, para disminuir las inundaciones en las zonas bajas y con mayor vulnerabilidad del cantón Santa Rosa, permitiendo una mejor calidad de vida para los ciudadanos (Carrion, 2020).

Conclusiones

En la primera metodología, indica que las zonas de alta vulnerabilidad han sido las pendientes que se encuentran entre 0 a 6°; debido a que son vulnerables las zonas adyacentes a los cuerpos de agua con distancias entre 0 a 478,19 m, 478.19 a 996,24 m, siendo la zona crítica los primeros 400 m; en los suelos modificados por la agricultura o los destinados al uso urbano.

En la segunda metodología, se observa que no hubo crecida del río la Ranchería y que la inundación fue originada por la precipitación intensa en la ciudad convertida a escorrentía urbana, esto se demuestra en la simulación de estabilidad donde se demostró que a los 900.000 s y con el caudal permanente de 58,51 m³·s⁻¹ solo ocurrió desbordamiento en la parte final, y que esta se debe a la influencia de la cota del mar (1 msnm), lo que ejerció un efecto barrera impidiendo la descarga del río.

En la tercera metodología se concluye que el desarrollo humano incrementa exponencialmente la depredación y urbanización de zonas vulnerables, eso sumado que la inmigración origina el informalismo en las construcciones, lo que aumenta exponencialmente el riesgo de aumentar los impactos negativos en una inundación.

La cuarta metodología propone separar y enfatizar lo importante que es conocer la vulnerabilidad de una población, y que puede ser alta frente a catástrofes cuando tiene un crecimiento descontrolado y desorganizado; y el peligro sería que pese a tener una vulnerabilidad baja u alta, cuáles serían las acciones a ejecutar para que las actividades desarrolladas por la población continúen durante y después de la catástrofe, y en el panorama más favorable, estas actividades continúen sin que su desarrollo se vea afectado.

Conflicto de intereses

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

Referencias bibliográficas

- Aldana, A. L. (2016). La necesidad del desarrollo de servicios hidrológicos para la reducción de daños por inundaciones. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(5), 57-62.
- Alfaro, T. (2010). *Manual de diseño de defensa riverena*. Lima: Asociación Nacional del Agua.
- Arreguín F, L. y López, M. (2016). Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7, 5-13.
- Arriola, G. (2016). Estudio integral de la cuenca del río La Leche. Chiclayo: Facultad de Arquitectura, Ingeniería y Urbanismo, Escuela profesional de Ingeniería Civil.
- Asurza, F. A., Ramos, C. L. y Lavado W. S. (2018). Evaluación de los productos tropical rainfall measuring missin (TRMM) y global precipitation measurement (GPM) en el modelamiento hidrológico de la cuenca del río Huancané, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 53-62.
- Botia, W. A. (2015). *Manual de procedimiento de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, Facultad Ingeniería. Programa Ingeniería Civil.
- Burgos, B. D., Cartaya, S. J. y Mero, D. J. (2019). Análisis de la vulnerabilidad a inundaciones de la parroquia San Ana de Vuelta Larga, provincia de Manabí, Ecuador. *Investigaciones Geográficas*, 98, 1-14.
- Bustos, N. C. y Delgado, S. S. (2020). Impacto económico del desborde del río K'itamyay en las microempresas del distrito de Pisac-Cusco 2020. *Integración*, 3, 219-225.
- Carrión Agila, E. J. (2020). Estrategias sostenibles para la protección contra inundaciones de las zonas vulnerables del cantón santa rosa: estudio de caso. Machala.
- Cevallos, A. I., Baró, J. E. y Díaz, C. (2016). Estimación de pérdidas económicas directas provocadas por inundación-Daño en países en desarrollo. *Investigaciones Geográficas*, 65, 169-180.
- Chavez, M. M., Binnquist, G. y Salas, A. C. (2016). Evaluación multicriterio de la vulnerabilidad biofísica ante inundación en la sub cuenca río Atoyac-Oaxaca de Juárez. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(10), 97-109.
- Cuartas, D. E., Caicedo, D. M., Ortega, D., Cardona, F., Carvajal, Y. y Méndez, F. (2017). Tendencia espacial y temporada de eventos climáticos extremos en el valle geográfico del río Cauca. *U.D.C.A Actualidad & Dibulgación científica* 20, 267-278.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Vol. Cuarta edición). México: CENGAGE Learning.
- Díaz, A. M. (2018). *Las inundaciones en la provincia de Tucumán: una problemática que se repite*. Jornadas platenses de geografía y XX Jornadas de Investigación y de Enseñanza en Geografía. pp. 3-21.
- ENFEN. (2017). *El Niño costero 2017*. Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN-Comisión multisectorial encargada del estudio nacional del fenómeno "El Niño". 31 p.
- Fernández de Córdova, C. J., León, A. J. y Rodríguez, L. (2020). Influencia del coeficiente de rugosidad de Manning en las áreas de inundación del río Yanuncay en Cuenca. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 1, 115-126.
- Fernández, M., Méndez, I. y Muñoz, R. (2018). Exposición a inundaciones en Moravia, San José, Costa Rica. *Reflexiones*, 98(1), 7-21.
- Fracassi, G. (2012). *Obras de sistematización fluvial en torrentes y ríos con Espigones*. Brasil, Maccaferri.
- Garrido, M., Hidalgo, C. y Preciado, J. (2015). *Ensayos de mecánica de suelos*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia.
- Gómez J, E. y Jaramillo, Y. L. (2019). Predicción de zona de inundación que amenaza al Cantón Bucay. 2-11.
- González, J. C., Vásquez, M. E. y Alavez, J. (2016). Simulación numérica de inundaciones en Villahermosa México usando el código IBER. *Ingeniería del Agua*, 20(4), 201-216.
- Hernández, A., Arroyo, H., Bendezú, G., Díaz, D., Vilcarromero, S., Rubilar, J. y Gutierrez, E. (2016). Potencial vulnerabilidad frente a inundaciones de los establecimientos de salud públicos en cuatro regiones del norte del Perú. *Rev. Perú Medica Exp. Salud Pública*, 33(1), 92-99.
- Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C. V., Gutierrez, E. L. y Ramos, W. (2016). Fenómeno el niño y desastres naturales: intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta. *Rev. Peru Med. Exp. Salud Pública*, 33(2), 300-310.
- Huárez, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Jiménez, M., Gutiérrez, F. y Celi, P. (2018). Modelado y predicción del fenómeno el niño en Piura, Perú mediante redes neuronales artificiales usando Matlab. *Información Tecnológica*, 29(4), 303-316.

- La Contraloría General de la República. (2015). *Acciones preventivas y de emergencia en zonas arqueológicas de Lambayeque y La Libertad frente al fenómeno El Niño*. Lima: Informe N° 692-2015-CG/EDUS-VC.
- Lizardo, S. (2018). El Niño y sus diversas manifestaciones en la historia. Correlación con el cambio climático. *Coloquio Ciencia y Sociedad*, 20.
- Malagón, J. N., Garrote, C. F., & Castilla. (2017). Sistema de información científica. Cambio climático y salud humana: una revisión desde la perspectiva colombiana, 224-241.
- Mechato, F. (2017). *Efectos de las inundaciones fluviales en la estabilidad de las viviendas en el asentamiento humano José Carlos Mariátegui*. Catacaos-Piura. Lima. Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- Moreno, P. C. y Oliva, D. J. (2017). *Evaluación de la inundación por desborde del río Chilca y de la quebrada Chutana*. Distrito de Pucallpa. Lima. Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
- MTC. (2008). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Decreto Supremo N° 034 - 2008 - Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Orellana, D., Timbe, L. y Pinos, J. (2017). Calibración de un modelo basado en agentes para el estudio del peligro de inundación en el río Santa Bárbara. *Métodos y Análisis con Tecnologías de la Información Geográfica*, 7(8), 391-397.
- Pérez, G. B., Rodríguez, J. A. y Molina, J. P. (2014). Ingeniería de ríos. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Escuela de Ingeniería Civil.
- Pérez, J. I., Escobar, J. R. y Fragozo, J. M. (2018). Modelación hidráulica 2D de inundaciones en regiones con escasez de datos. *Información Tecnológica*, 29(4), 143-155.
- Perles, M. J. (2010). Apuntes para la evaluación de la vulnerabilidad social frente al riesgo de inundación. Baetica. *Estudio de Arte, Geografía e Historia*, 32, 67-87.
- Rodríguez, R., Saiz, J. A., Burgos, D., Guerra, V. H., Lizarraga, L. y Ortiz, R. (2017). Tasa de sedimentos en suspensión por efectos de un vertedor lateral en un río de planicie. *Ecosistema y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 283-291.
- Rojas Portocarrero, W. K. (2017). Percepción de riesgo ante las inundaciones en personas que habitan en zonas vulnerables de Lima, Perú. *Revista Cubana de Salud Pública*, 45(2), 1-15.
- Rubén Ernesto Hernández-Urbe, R. E., Barrios-Piña, H., y Ramírez, A. I. (2016). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(3), 5-25.
- Sánchez, O. E. (2016). Alternativas para reducir el riesgo de desastres naturales por el desbordamiento de los ríos de la provincia de El Oro. *UTMACH*, 2-23.
- Takahashi, K. (2017). Fenómeno El Niño "Global" vs "Costero". Generación de información y monitoreo del Fenómeno El Niño, *ENFEN*, 4(4), 4-7.
- Tapara, H. (2018). *Evaluación de máximas avenidas del río Nuñoa con fines de protección de la ciudad*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno: Facultad de Ingeniería Agrícola, Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola.
- Terán, R. (1998). *Diseño y construcción de defensas ribereñas*. Lima: Escuela Superior de Administración de Aguas "Charles Sutton".
- Urbizagástegui, R. y Contreras, F. (2018). Análisis del Fenómeno El Niño costero por el método de las palabras asociadas. *Ci. Inf., Brasília, DF*, 47(3), 117-139.
- Vásquez, L. R. (2018). *Diseño de defensa ribereña y su aplicación en el cauce del río La Leche, Distrito de Pacora-Lambayeque*. Chiclayo: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Ambiental.
- Vergara, S. L. (2019). *Análisis de amenaza por inundación en el municipio de San Marcos, Sucre mediante la evaluación multicriterio en sistema de información geográfica*. Programa de Geografía y Medio Ambiente.
- Viceministro de Vivienda y Construcción; Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENSICO. (1997). *Norma Técnica de Edificación E.050 SUELOS Y CIMENTACIONES*. Lima: Resolución Ministerial N° 048 - 97 - MTC/15.VC.
- Villacorta, S. P. (2018). Evolución geomorfológica del abanico aluvial de Lima y sus relaciones con la peligrosidad por inundaciones. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Villón, M. (2002). *Madrid: Universidad Politécnica de Madrid*. Hidrología. Cartago: MaxSoft.
- Bustos Velandia, N. S. (2018). *Patologías asociadas a fenómenos de inundación que se registraron en el hospital de suba en el año 2014 comparando periodos de no inundación de los años 2013 - 2015*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ciencias de la Salud, Programa de Medicina, Bogotá, Colombia.

Contribución de los autores

Autores	Contribución
Sócrates Pedro Muñoz Pérez	Concepción y diseño, investigación, metodología, redacción y revisión del artículo.
Lucy Cassandra Torres Torres	Investigación, búsqueda de información, análisis e interpretación de datos y revisión del artículo.
Jainer Luysin Navarro Medina	Adquisición de datos, aplicación de Software estadístico, análisis e interpretación.