

# REVISTA

ISSN L 2644-3856

# INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ | FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Vol. 4 No. 2 Junio - Noviembre 2022

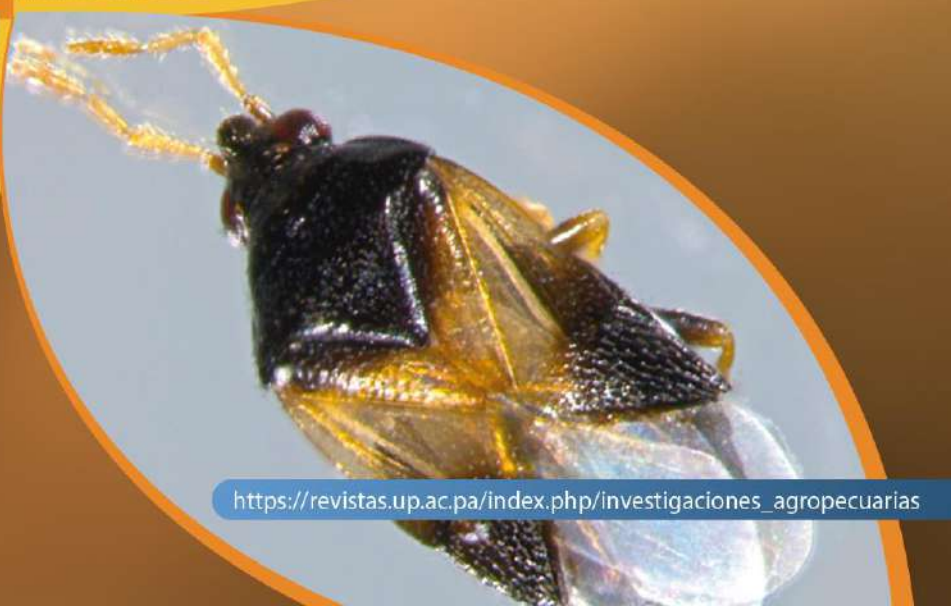
Periodicidad: Semestral

Panamá



Ciencias Agropecuarias

#YoSoyFCA



[https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias)

# REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

REVISTA CIENTÍFICA ESPECIALIZADA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS,  
SERIADA, ARBITRADA EN LÍNEA E INDEXADA DE LA UNIVERSIDAD DE  
PANAMÁ

ISSN L 2644-3856

VOLUMEN 4, N°2 - JUNIO - NOVIEMBRE 2022

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

PANAMÁ



## MENSAJE DEL DECANO

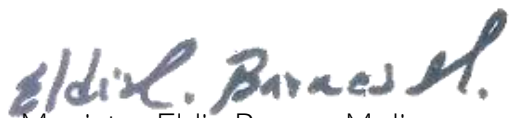
Las instituciones académicas de nivel superior se prestigian con el desarrollo de actividades de investigación, evaluadas por pares externos y publicadas para que estén a disposición de la comunidad científica y productiva. La Universidad de Panamá octogenaria entidad de educación superior, goza del prestigio de estar publicando más de veinte revistas científicas en todas las áreas del conocimiento; entre ellas la Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA), de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, la cual se ha venido fortaleciendo por el reconocimiento que ha obtenido entre los docentes, la comunidad científica y el sector productivo del país.

Todos sabemos que publicar artículos en revistas indexadas es evidencia irrefutable de que las mismas son avaladas, por la comunidad científica; en este ámbito ha ido creciendo la RIA con el apoyo de investigadores, académicos de la FCA y del país. También se ha fortalecido con el aporte de investigadores, científicos de respetables instituciones a nivel superior y de investigadores de varios países.

Nuestra revista aplica un riguroso mecanismo de control desde la recepción, evaluación hasta su final publicación, proceso en el cual contamos con el aval y apoyo de numerosos académicos del país y del continente. Este esfuerzo ha sido comprendido por todos los colaboradores de la revista, como la vía más idónea para contribuir a prestigiar nuestra Facultad y la Universidad a la cual pertenecemos.

Para aumentar la presencia y el nivel de aceptación de la RIA, el equipo editorial y los pares involucrados se han internacionalizado y con ellos la revista ha cruzado fronteras, no solo virtuales sino, fundamentalmente, académicas y de conocimiento.

Los objetivos específicos de la RIA, son generar conocimiento útil y productivo para el país, lo mismo que contribuir al incremento de una masa crítica de científicos y académicos de la Universidad de Panamá; mas también aspira, académicamente a convertirse en una revista científica de referencia nacional e internacional, reconocida en los principales índices y bases de datos de indexación, lo que nos colocaría en el mapa de las revistas científicas agropecuarias de mayor calado y presencia en la región. Para lograr estos objetivos y valorar el esfuerzo realizado, invitamos a publicar en nuestras páginas a especialistas, académicos e investigadores, tanto nacionales como extranjeros e igualmente agradecemos su colaboración en nuestro consejo editorial, el cual ha adquirido un carácter internacional ampliado con la participación de investigadores procedentes de Universidades de México hasta Chile y Brasil.



Magister Eldis Barnes Molinar

Decano

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad de Panamá

## MENSAJE DEL EDITOR

Con sumo agrado presentamos el volumen cuatro (4), número dos (2) de la Revista Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, revista especializada e indexada en Ciencias Agropecuarias.

Desde su primera edición digital en el año 2018, se ha mantenido un proceso de mejoramiento continuo en busca de alcanzar la visibilidad en bases de datos, repositorios e indexadores de alto impacto y reconocimiento internacional. Los manuscritos son sometidos a una exhaustiva revisión por especialistas en las áreas de conocimiento, en el que se utiliza el sistema de revisión de “doble ciego”. De igual forma se incrementa la externalización al brindarle la oportunidad a investigadores nacionales de otras instituciones y de universidades extranjeras para la publicación de los resultados de sus trabajos, dándole mayor realce y prestigio a la revista.

En esta edición se incrementa el número de artículos a once en áreas como Nutrición Animal, Control Biológico, Agronegocios y la Sostenibilidad Agrícola, Economía Agrícola, Pasturas, Genética Animal y Reproducción Animal.

Invitamos a los investigadores del sector agropecuarios a someter sus manuscritos al proceso de revisión para su publicación en nuestra revista.



Juan Miguel Osorio Rodríguez, PhD  
Editor  
Revista Investigaciones Agropecuarias

# REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Especializada en Ciencias Agropecuarias  
Publicación Semestral  
Universidad de Panamá  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Dirección de Investigación y Postgrado  
Panamá

Volumen 4, Número 2  
junio - noviembre 2022

**ISSN L 2644-3856**

Diseño de Portada. Licda. Noris Miranda  
[noris.miranda@up.ac.pa](mailto:noris.miranda@up.ac.pa)

Organización, Revisión, Diagramación y Diseño  
Mgter. Carmen C. Rovira C.  
[carmen.rovira@up.ac.pa](mailto:carmen.rovira@up.ac.pa)

## Indexada en:



**Site:** [https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias)

Para la versión electrónica adopta la Licencia de Creative Commons:  
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)



## Información de contacto:

Dr. Juan Miguel Osorio R., Editor de la Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA), Universidad de Panamá. Panamá. E-mail: [editor\\_riafca@up.ac.pa](mailto:editor_riafca@up.ac.pa)

Dr. M.V. Reinaldo De Armas PhD. – Panamá  
Director de la Revista Investigaciones Agropecuarias  
[reinaldo.dearmas@up.ac.pa](mailto:reinaldo.dearmas@up.ac.pa)  
<https://orcid.org/0000-0003-2488-0113>

Ing. Juan Miguel Osorio PhD. – Panamá  
Editor de la Revista Investigaciones Agropecuarias  
[juan.osorio@up.ac.pa](mailto:juan.osorio@up.ac.pa)  
<https://orcid.org/0000-0002-6859-5763>

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro  
RECTOR

Dr. Jaime Javier Gutiérrez  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO

Dr. José Emilio Moreno  
VICERRECTOR ACADÉMICO

Mgter. Arnold Muñoz  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Mgter. Mayanín Rodríguez  
VICERRECTOR DE ASUNTOS ESTUDIANTILES

Prof. Ricardo Him  
VICERRECTOR DE EXTENSIÓN

Prof. José Luis Solís  
DIRECTOR GENERAL DE CENTROS REGIONALES UNIVERSITARIOS Y EXTENSIONES  
DOCENTES

Prof. Ricardo Parker  
SECRETARIA GENERAL

Mgter Eldis Barnes Molinar  
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

# INDICE

<b>ARTÍCULOS EN ESTA EDICIÓN</b>	<b>Págs.</b>
PRESENCIA DE <i>Orius insidiosus</i> Say (HETEROPTERA: ANTHOCORIDAE) EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ <i>Bladimir Xavier Rodríguez-Hernández, Orlando Osorio-Burgos, Dustin Moreno-Serrano y Anovel Amet Barba-Alvarado</i>	8 - 20
<i>Oligonychus ununguis</i> (ACARI: TETRANYCHIDAE): PLAGA DEL CIPRÉS ( <i>Cupressus lusitanica</i> MILL.) EN TIERRAS ALTAS, CHIRIQUÍ, PANAMÁ <i>Rubén D. Collantes González, Javier E. Pittí C., Alonso Santos-Murgas, Martín A. Caballero E. y Maricsa Jerkovic</i>	21 - 30
PATOGENICIDAD DE AISLADOS NATIVOS ( <i>Beauveria bassiana</i> ) Y ( <i>Cordyceps javanica</i> ) SOBRE LARVAS DE <i>Galleria mellonella</i> (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) <i>Dustin Moreno-Serrano, Gladys González, Kathia Castrejón, Reynaldo Vargas, Bladimir Xavier Rodríguez-Hernández, Alex Ríos-Moreno</i>	31 - 43
AGRONEGOCIOS Y LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA. UNA APROXIMACIÓN DESDE LA MINERÍA DE TEXTOS <i>Andrés Chang, Euribiades Chang, Edwin Pile</i>	44 - 57
EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACION DE NIVELES FARMACOLÓGICOS DE ÓXIDO DE ZINC SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, PERFIL HEMATOLÓGICO Y CONTROL DE DIARREA EN CERDOS <i>Richard Mudarra, José Norato, Reggie Guerra, Audino Melgar</i>	58 - 72
RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E INFLUENCIA DE DIFERENTES PATRONES DE SIEMBRA DEL PASTO <i>Pennisetum purpureum</i> CV. ELEFANTE CARAJÁS <i>Edgar Alexis Polo Ledezma, Miguel Ignacio Espinosa Guevara</i>	73 - 81
EVALUACIÓN GENÉTICA CONJUNTA DEL PESO A 18 MESES DE EDAD EN LAS RAZAS CHAROLAIS Y CHACUBA <i>Alberto Menéndez-Buxadera, Manuel Rodríguez, Alina Mitat, Marco A. Suárez, Franky Ramos</i>	82 -95
CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y ZOOTÉCNICA DE EXPLOTACIONES BOVINAS DE DOBLE PROPÓSITO ASOCIADAS EN COOPERATIVA, EN LAS LOCALIDADES DE TORTÍ, RÍO CONGO ARRIBA Y AGUA FRÍA <i>Enrique A. Sánchez-Galán, Miguel I. Espinosa, Gabriel A. Castillo, Eliécer A. Ábrego, Marilys D. Quintero, Yira M. Díaz, Hilario Espinosa, Víctor V. Villarreal</i>	96 -108
EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS DE LA HARINA DE SOYA PARA ALIMENTACIÓN AVÍCOLA Y PORCINA, DE ACUERDO CON EL PAÍS DE ORIGEN <i>Mario Arjona-Smith, Liz B. Chino V., Juan E. Moscoso M.</i>	109 -120
FUNCIONES BIOACTIVAS DE PÉPTIDOS DERIVADOS DE PROTEÍNAS HIDROLIZADAS DE PESCADO: APLICACIÓN EN LA NUTRICIÓN PORCINA. REVISIÓN <i>Richard Mudarra</i>	121 -136
CUERO DE RES GRABADO: ALTERNATIVA SOSTENIBLE A LAS PIELES EXÓTICAS <i>Rubén D. Collantes G., Maricsa Jerkovic, Alonso Santos-Murgas y Martín A. Caballero E.</i>	137 -146

## PRESENCIA DE *Orius insidiosus* Say (HETEROPTERA: ANTHOCORIDAE) EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ

## PRESENCE OF *Orius insidiosus* Say (HETEROPTERA: ANTHOCORIDAE) IN THE AZUERO REGION, PANAMA

Bladimir Xavier Rodríguez-Hernández<sup>1</sup>\*, Orlando Osorio-Burgos<sup>2</sup>, Dustin Moreno-Serrano<sup>1</sup> y Anovel Amet Barba-Alvarado<sup>3</sup>\*

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Protección Vegetal. Panamá ([bladimir.rodriguez-h@up.ac.pa](mailto:bladimir.rodriguez-h@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-5297-1595>; [dustin.moreno@up.ac.pa](mailto:dustin.moreno@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-9134-2222>)

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). El Ejido, Los Santo, Panamá ([odilson24@hotmail.com](mailto:odilson24@hotmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-7926-7175>)

<sup>3</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Grupo de Investigación en Protección Vegetal (GIPV). Los Canelos, Divisa, Panamá ([anobel.barba@up.ac.pa](mailto:anobel.barba@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>)

\*Correo de Correspondencia: [bladimir.rodriguez-h@up.ac.pa](mailto:bladimir.rodriguez-h@up.ac.pa), [anobel.barba@up.ac.pa](mailto:anobel.barba@up.ac.pa)

Recibido: 08/05/2021

Aceptado: 08/10/2021

**RESUMEN.** La producción hortícola de Panamá se ve impactada por insectos vectores de los que destaca *Thrips palmi* Karny. Este insecto tiene la capacidad de ser vector de diferentes especies de virus del género *Tospovirus*, no reportados en Panamá, causando daños directos e indirectos en cultivos de importancia económica, lo que implica riesgos para la producción y agroexportación. El propósito de la investigación fue determinar la presencia del chinche depredador *Orius insidiosus*, su distribución y reservorios tanto plantas cultivadas como arvenses presentes. El estudio se realizó en la región de Azuero, Panamá. Durante el periodo comprendido 2009 al 2021, se realizaron muestreos en 11 localidades, en áreas cultivadas como en la vegetación ruderal. Todo el material biológico fue trasladado al laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá; para su identificación. Se recolectaron e identificaron 348 especímenes perteneciente a la especie *Orius insidiosus*, la proporción de sexo fue de 61.5% hembras y 38.5% machos. El insecto está distribuido ampliamente en agroecosistemas de la región, tanto en plantas cultivadas y arvenses, que son reservorios naturales de la especie. El depredador, se encontró en plantas cultivadas con presencia de Thysanoptera, como *Thrips palmi*, y otras especies del género *Frankliniella*. Este hallazgo, es importante dentro de la estrategia de manejo integrado de *Thrips palmi*, que incluye el control biológico natural, conservativo y clásico.

**PALABRAS CLAVE:** Anthocoridae, control biológico, Cucurbitaceae, distribución, identificación taxonómica, *Orius* Wolff (1811).

**ABSTRACT.** Horticultural production in Panama is impacted by vector insects, from which *Thrips palmi* Karny stands out. This insect causes direct and indirect damage to economically important crops, which implies risks for production and agro-exports. The purpose of this research was to determine the presence of *Orius insidiosus*, its distribution and reservoirs, both cultivated plants and weeds. The study was carried out in the Azuero region, Panama. During the period from 2009 to 2021, samples were taken in 11 localities, both in crop areas and ruderal vegetation. All biological material was transferred to the Plant Protection laboratory of the Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, for identification. A total of 348 specimens belonging to the *Orius insidiosus* species were collected and identified, the sex ratio 61.5% female and 38.5% male. The insect is widely distributed in agroecosystems in the region, both in cultivated plants and weeds, natural reservoirs of the species. The predator was found in crops, with presence of Thysanoptera such as *Thrips palmi* and other species of the genus *Frankliniella*. This finding is important within the integrated management strategy of *Thrips palmi*, which includes natural, conservative, and classical biological control.

**KEYWORDS:** Anthocoridae, biological control, Cucurbitaceae, distribution, *Orius* Wolff (1811), taxonomic identification.



## INTRODUCCIÓN

La sandía constituye uno de los principales cultivos de exportación en Panamá. La producción nacional de sandía en el ciclo agrícola 2019/20 fue de 29, 201 t, distribuida de la siguiente manera, 62% al mercado de exportación y el 38% restante destinada al consumo nacional. Por ello, se ha reforzado en las acciones de transferencia de tecnología, específicamente en el uso de semilla y manejo integrado del cultivo (MIDA, 2020).

En Panamá, la presencia de *T. palmi* se reportó en el año 2006, en un cultivo de sandía [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai], ubicado en la localidad de Los Chicharrones, distrito de Chitré, provincia de Herrera, al suroeste de Panamá (Herrera y Barba, 2013). El Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de Panamá, a través del resuelto Ministerial No. DAL-028 (de 18 mayo de 2006), establece una serie de medidas cuarentenarias tendientes a evitar su establecimiento a nivel nacional, declarando zonas de baja prevalencia, así como localidades libres de esta plaga, con basado en la normativa vigente (MIDA, 2006).

Los depredadores juegan un papel clave en la estabilidad de los ecosistemas y, a diferencia de los parasitoides, la mayor parte puede alimentarse de una amplia diversidad de presas. Una porción importante de la teoría ecológica sobre la regulación natural de poblaciones de herbívoros y la dinámica de comunidades se ha elaborado a partir de la interacción entre depredadores y presas como modelo de estudio (Abrams, 2012; Bacaër, 2011; Holling, 1961), citado por (Kondo *et al.* 2018).

Las chinches del género *Orius*, pertenecientes a la familia Anthocoridae (Fieber), subfamilia Anthocorinae (Fieber), son importantes depredadores de trips. Estos chinches son, hasta donde se tiene evidencia, los agentes de control biológico más eficaces que se han podido criar artificialmente para su comercialización y uso a nivel mundial (Castane & Zalom, 1994; Chambers *et al.*, 1993; Saini *et al.*, 2003; Van de Veiner & Degheele, 1992), citado por (Lefebvre, 2013).

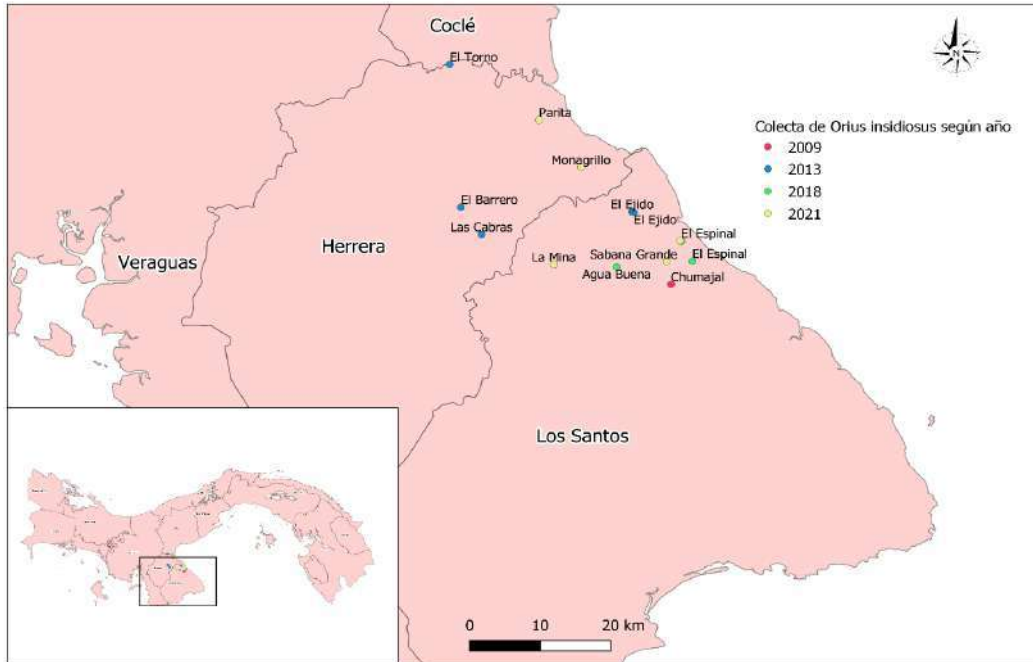
En Panamá, la especie ha sido incluida en el Catálogo de los Anthocoridae Neotropicales (Carpintero, 2002), y realizado investigaciones sobre la utilización de dietas naturales, para multiplicaciones de *O. insidiosus* (Zachrisson & Barba, 2020). Sin embargo, no se conoce el estatus de dicha especie en los agroecosistemas de la región de Azuero, tanto en plantas cultivadas como en arvenses que sirven de reservorios del enemigo natural.

Conociendo la problemática fitosanitaria actual con insectos vectores (*T. palmi*), el objetivo que se planteó fue determinar la presencia de *O. insidiosus* en la región de Azuero. Dicho conocimiento es relevante para la implementación del manejo integrado de *T. palmi* en Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región de Azuero, conformada por las provincias de Herrera y Los Santos, durante los periodos comprendidos 2009 al 2021 (2009: un muestro; 2013: cinco muestreos; 2018: cuatro muestreos; 2021: cinco muestreos) (Figura 1). Las muestras fueron recolectadas en agroecosistemas de la región y trasladadas al laboratorio de Protección Vegetal, del Instituto De Innovación Agropecuaria De Panamá (IDIAP), sede: Divisa-Herrera.

El registro de la georreferenciación de los huertos se hizo con la ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS) portátil, obteniendo datos de latitud, longitud y altitud, los cuales se registraron en la aplicación Excel® Microsoft 365 y se procesaron con el programa QGIS ver 2.18 (Figura 1).



**Figura 1.** Localización geográfica de los sitios muestreados en las provincias de Herrera y Los Santos (periodo 2009-2021). Colecta 2009: punto rojo; 2013: punto azul; 2018: punto verde; 2021: punto amarillo. Coordenadas (Tabla 1).

### Colección de Especímenes Anthocoridae e Identificación Morfológica en Laboratorio

El muestreo se realizó en 15 sitios de 11 localidades (Herrera: cinco localidades; Los Santos: seis localidades) en área de cultivo como vegetación ruderal y arvenses en agroecosistema de la región de Azuero. El método de captura directa fue enfocado a la parte superior de las plantas, ya que los Anthocoridae se encuentran en la parte última tercera de las plantas, donde están los alimentos en forma de huevecillos e instares juveniles de las plagas (Sansone y Smith, 2001).

Se revisó los codos, brácteas y ápices durante las primeras horas de la mañana, a fin de detectar fácilmente la presencia de los Anthocoridae, por su coloración típica (Figura 2-B). Se procedió a la recolección con un aspirador bucal entomológico, succionando el espécimen y almacenándolo en el recipiente. Por último, los individuos colectados en el sitio de muestreo se preservaron en viales de vidrio de 50 ml de capacidad con etanol al 70%, los cuales se rotularon con la información de colecta para su posterior traslado al laboratorio.



**Figura 2.** A) Sitio de muestreo Los Santos, El Espinal: Cultivo de Zapallo (*Cucurbita moschata*); B) *O. insidiosus* sobre el primordio floral del Zapallo.

### Preparación e Identificación Taxonómica

Para la identificación taxonómica, se observaron los individuos colectados por sitio, y se realizó una preparación de estos, empleando una modificación de la metodología propuesta por Jung *et al.*, (2011), la cual consiste en aclarar los individuos empleando una solución al 10% de KOH para machos y al 5% para hembras; sobre la cual se colocaron los individuos y se dejaron por 72 horas a temperatura ambiente, hasta que los órganos del cuerpo se lograron observar. Después, se lavaron con agua destilada en dos pases. Los insectos lavados se sumergieron en ácido acético glacial durante 20 minutos, luego, el último segmento abdominal se montó en un portaobjetos adicionando glicerina.

Las muestras se examinaron con un microscopio estereoscópico Leica M125 (aumento: 8X-100X, resolución 432 lp / mm objetivo plan Apo 1 X) con una cámara Leica MC 170 HD y se utilizó iluminación LED 5000 SLI para la identificación y la obtención de imágenes. Se tomó una serie de imágenes para cada vista y se apilaron utilizando Leica Application Suite versión 4.12.0 2017 (Leica Microsystems AG, Suiza). Finalmente, se realizaron observaciones al microscopio de los Anthocoridae montados sobre las láminas y a partir de dichas observaciones se tomaron fotografías del parámero de la genitalia del macho con un microscopio óptico Leica DM 1000 LED, MC 170 HD.

**Terminología.** La identificación taxonómica se hizo siguiendo las claves propuestas por Froeschner (1949), Kelton (1963), Salas (1995). La descripción morfológica y el dimorfismo

sexual fue corroborado, mediante la revisión de los trabajos de Kelton (1963) y Salas (1995), respectivamente. Estas claves permitieron efectuar la caracterización de los especímenes de *O. insidiosus* de la región de Azuero. El parámetro se comparó con los resultados obtenidos por: Jung *et al.* (2011), Falamarzi *et al.* (2009), Ferragut & González (1994), Paterno *et al.* (2003) y Shapiro *et al.* (2010).

Los insectos fueron depositados en:

**CELPV:** Colección de Entomología del Laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Panamá, República de Panamá.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 348 especímenes de *Orius insidiosus*, 134 Machos (38.5%) y 214 Hembra (61.5%), en un total de 15 sitios de muestreo en 11 localidades y ocho especies de plantas reservorios. Estos resultados reflejan la amplia distribución que posee la especie en la región de Azuero (Tabla 1).

El insecto fue encontrado en las siguientes plantas cultivadas: *Citrullus lanatus* Thunb., *Cucumis melo* L., *Cucurbita moschata* L., *Zea mays* L., *Capsicum annum* L y *Solanum melongena* L. En la vegetación ruderal, pudo encontrarse en *Amaranthus viridis* L y *Baltimora recta* L. En el experimento de libre elección en microparcela, por Lorenzo *et al.*, (2020) las hembras de especies de *O. insidiosus* prefirieron las plantas con flores de fresa sobre las plantas con flores de pimiento dulce, lo que podría explicar el bajo establecimiento de *O. insidiosus* cuando se libera en pimiento dulce con los campos de frutilla cercana. Con base en lo anterior, estudios de preferencia o no preferencia (antixenosis) para posibles huéspedes puede ayudar a explicar las posibles causas de bajo asentamiento de *O. insidiosus* sobre plantas reservorios.

En ensayos de preferencia de oviposición, se obtienen resultados que indican que el depredador prefiera a la arvense *Bidens pilosa* L. (Asterales: Asteraceae), como material de oviposición sobre las otras plantas ensayadas. (fresa, tomate, pimiento y berenjena) Pascua *et al.*, (2018). El cultivar esta planta cerca de plantaciones hortícolas podría constituir una estrategia prometedora para aumentar los recursos para la oviposición del depredador.

Se recolectó un número mayor de especímenes en las plantas cultivadas perteneciente a la familia Cucurbitaceae, las cuales estuvieron infestadas por especies del orden Thysanoptera. Las especies del género *Orius* no muestran preferencias por trips, pero existe una asociación con el fitófago Chow *et al.*, (2010). Estudio sobre hábitos de reproducción, son necesarios en el futuro para comprender la dinámica poblacional de la especie, dada su importancia en control biológico.

Esta relación de preferencia del insecto puede estar influenciada por propiedades químicas de las plantas y las presas que difieren enormemente, y es probable que sus valores nutricionales relativos, sea un factor determinante. Las interacciones entre planta-presa, aspectos conductuales y fisiológicos, factores físicos y químicos pueden jugar un rol determinante en la preferencia por

la oviposición de adultos. Los insectos utilizan plantas que proporcionen características favorables para la descendencia (Lorenzo *et al.*, 2019).

**Material Revisado. *Orius insidiosus* (Macho): PANAMÁ:** Provincia Los Santos, Distrito Los Santos, Corregimiento Sabana Grande, coordenada: x 572830, y 867524, 46 m.s.n.m., 2.VI.2021, B. Rodríguez, (CELPV).

**Especímenes.** (347 Especímenes). **PANAMÁ:** Provincia Los Santos, Distrito Guararé, Chumajal, 573503, 864098, 30 m.s.n.m., 2009, A. Barba (10 m / 3 disectado; 10 h / 3 disectado). Mismos datos excepto, Distrito Los Santos, El Ejido, 567971, 875136, 35 m.s.n.m., 2013, A. Barba (10 m en punta; 10 h en punta). Provincia Herrera, Distrito Chitré, Monagrillo, 560740, 881873, 43 m.s.n.m., 2021, B. Rodríguez (2 m en punta; 5 h en punta). Especímenes restantes conservados en alcohol al 70%.

**Tabla 1.** Distribución de los especímenes *O. insidiosus* y reservorios sobre los que se recolectaron en la región de Azuero.

Año	Localización	Reservorio	<i>Orius insidiosus</i>		Altitud	Latitud	Longitud
			♂	♀		x	y
2009	Los Santos, Chumajal	<i>Citrullus lanatus</i> Thunb	39	61	30	573503	864098
2013	Los Santos, El Ejido	<i>Zea mays</i> L	31	49	35	567971	875136
2013	Los Santos, El Ejido	<i>Baltimora recta</i> L	0	2	35	568199	875033
2013	Herrera, Las Cabras	<i>Cucumis melo</i> L	8	12	48	546608	871665
2013	Herrera, El Barrero	<i>Citrullus lanatus</i> Thunb	4	6	25	543677	875831
2013	Herrera, El Torno	<i>Cucurbita moschata</i> L	14	21	26	542079	897532
2018	Los Santos, Agua Buena	<i>Amaranthus viridis</i> L	0	5	40	565772	866763
2018	Los Santos, El Espinal	<i>Solanum melongena</i> L	7	10	20	576510	867620
2018	Los Santos, El Espinal	<i>Capsicum annuum</i> L	8	12	20	574898	870598
2018	Los Santos, El Espinal	<i>Cucurbita moschata</i> L	13	21	20	574913	870696
2021	Herrera, Monagrillo	<i>Cucumis melo</i> L	3	7	43	560740	881873
2021	Herrera, Parita	<i>Cucumis melo</i> L	1	10	25	554754	889073
2021	Los Santos, Sabana Grande	<i>Cucumis melo</i> L	4	10	46	572830	867524
2021	Los Santos, La Mina	<i>Cucumis melo</i> L	1	0	65	556871	867064
2021	Los Santos, El Espinal	<i>Cucurbita moschata</i> L	1	0	30	574776	870729
<b>Sub-Total</b>			<b>134</b>	<b>214</b>			
<b>Total</b>			<b>348</b>				

## Descripción morfológica de macho y hembra de *O. insidiosus* recolectados en Azuero, Panamá

Macho: La longitud del cuerpo varía entre 1,75-1,96 mm; ancho de 0,70-0,94 mm. (Figura 3. B) La cabeza es negra, generalmente presentando el área comprendida entre la base de las antenas y la punta de la cabeza de color crema claro; la frente posee esculturas, los ocelos son prominentes. La pubescencia en la cabeza es corta, esparcida y de color crema claro.

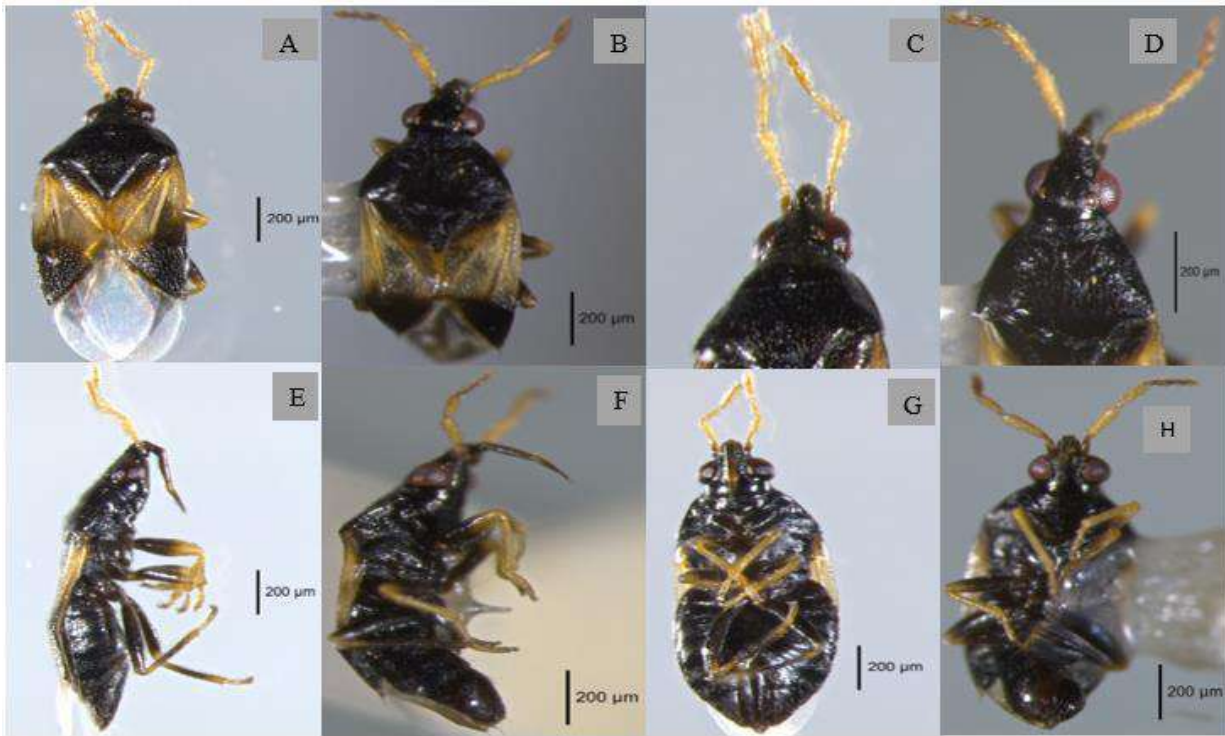
Los segmentos antenales presentan las siguientes características: I, su longitud varía entre 0,80-0,10 mm, es de color marrón claro a negro; II, 0,21-0,27 mm, es amarillo pálido y engrosado; III, marrón claro a negro. La pubescencia de las antenas es plateada y densa. El rostro varía de 0,42-0,45 mm de longitud alcanzando las coxas anteriores y de color marrón claro a negro (Figura 3. D).

El pronoto mide de 0,27-0,31 mm de longitud y de 0,61-0,70 mm. de ancho, es de color negro, presenta unos abultamientos con esculturas finas y con una depresión poca profunda en su parte posterior, llamados callos. Los márgenes laterales del pronoto son débilmente sinuosos, finos, siendo el margen basal cóncavo. La pubescencia es amarilla-plateada, corta y esparcida (Figura 3. B, D, F).

El escutelo es similar al pronoto en color y pubescencia. Su parte anterior presenta hendiduras circulares, la parte media posee una depresión y la porción apical rugosidades transversales. Los hemélitros son marrón amarillento claro; el *clavus* es negro en la base, el *cuneus* completamente negro y la membrana de color claro transparente. La pubescencia en las alas anteriores es similar al pronoto (Figura 3. B, D).

La parte ventral del cuerpo es negra. Las patas son negras, excepto los fémures y tibias anteriores. Generalmente, las bases de las tibias medias y posteriores son de color crema claro (Figura 3. F, H).

Hembra: La longitud del cuerpo varía entre 1,82 y 2,17 mm, mientras que el ancho oscila entre 0,77 y 0,98 mm. Es muy similar al macho, pero más robusta en aspecto y las patas son más oscuras (Figura 3. A, C, E, G).



**Figura 3.** Descripción morfológica de *O. insidiosus*: Clavus en su mayor parte de color crema claro al igual que el corium (A y B); Base de la cabeza no prolongada y cuello muy corto (C y D); Las patas son negras, excepto los fémures y tibias anteriores (E y F); La parte ventral del cuerpo es negra (G y H). Diferenciación del sexo: una forma práctica y rápida de reconocer el sexo de esta especie y otras relacionadas, es mediante la observación de la parte ventral de los últimos segmentos abdominales. En el macho, la parte final del abdomen es asimétrica y curvada, mientras que en la hembra es simétrica (Figura 4).

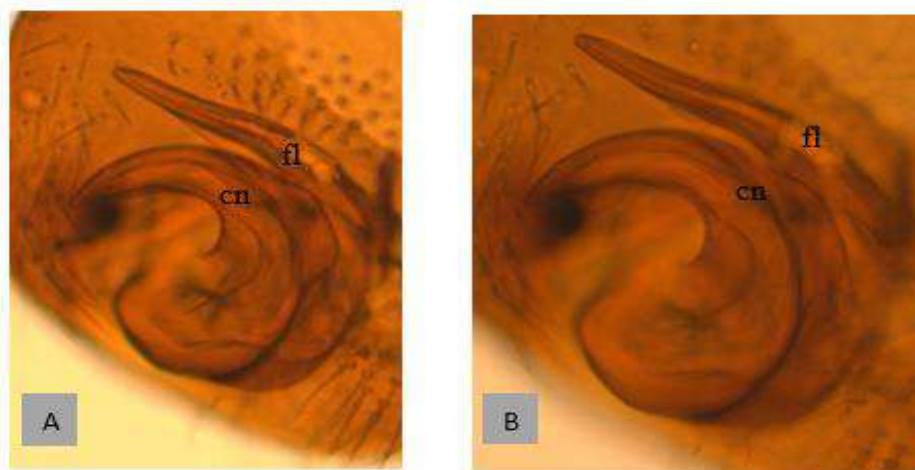


**Figura 4.** Adultos de *O. insidiosus*; dimorfismos sexual: A) Macho de menor tamaño y, los últimos segmentos abdominales orientados hacia la derecha visto ventralmente (asimétrico); B) Hembra de mayor tamaño y robusta, en los últimos tres segmentos del abdomen se observa un aparato ovopositor recto (simétrico).



Las especies del género *Orius* están agrupadas dentro de un grupo muy homogéneo morfológicamente, por esto, como carácter de diagnóstico para su identificación a nivel de especie se procedió a clarificar y montar el último segmento abdominal de machos colectados para la observación del parámero (Figura 5. A, B).

Presentando las siguientes características: Parámero con cono hinchado en la región proximal y cónica en la región distal (Figura 5 A, B, cn), flagelo corto y en forma de hoja casi tan largo y ancho como el cono (Figura 5. A, B, fl).



**Figura 5.** Parámero: genitalia con clasper en dos de tamaños aproximadamente iguales. Aumento: A) 100  $\mu\text{m}$ , (20X); B) 50  $\mu\text{m}$ , (40X). (cn) cono; (fl) flagelo.

En el Catálogo de las Anthocoridae Neotropicales (Heteróptera), Carpintero (2002), ofrece una lista de las 130 especies conocidas de la Región Neotropical de Anthocoridae, que se incluyen en las tres subfamilias hoy aceptadas, en siete tribus y 36 géneros, encontradas presentes en la región. Dentro de las descritas se incluyen para Panamá un total de 18 géneros, incluyendo a *Orius* Wolff, (1811). En este género se reportaron de manera general tres especies: *O. perpunctatus*, *O. tricolor* y *O. insidiosus*.

A pesar de que la especie *O. insidiosus* está registrada para Panamá, el catálogo no establece la distribución en agroecosistemas, reservorios tanto en plantas cultivadas y arvenses en Panamá. Por lo que el presente estudio constituye la base para el establecimiento de estrategias de manejo integrado que incluyen control biológico conservativo y clásico en la región.

La presencia de *O. insidiosus* en la región de Azuero, zona altamente productora de cucurbitáceas puede tener un efecto positivo, frente a la regulación de las poblaciones de trips, en especial la especie *T. palmi*. Pruebas de laboratorio mostraron que, a tasas equivalentes, *O. insidiosus* era un método más eficaz de control de trips adultos en comparación con *Amblyseius swirskii* Dogramaci *et al.*, (2011).

## CONCLUSIONES

Del presente estudio, se concluye que la especie *Orius insidiosus* (Say, 1832), está ampliamente distribuida en la región de Azuero, Panamá.

Se identificaron ocho reservorios del insecto en su hábitat natural, observándose un mayor número de especímenes asociado con la presencia de insectos fitófagos del orden Thysanoptera.

El poder contar con la presencia de este depredador es de suma importancia, dado que representa un potencial para la implementación de estrategias de control biológico. Esto, a su vez, contribuye con la conservación de la entomofauna benéfica presente en los agroecosistemas productivos de la región, al ser una alternativa sostenible frente al control químico.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Ing. Luis Barahona (CIA – Los Santos, IDIAP, Panamá) por su asistencia técnica en el mapeo de las coordenadas UTM. A la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Panamá por el apoyo financiero, del Proyecto 2017-4-ITE16-R2-014 “Control biológico de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en cultivo de sandía en la región de Azuero de Panamá”. A Oliver Rodríguez asistente de laboratorio colaborador en recolectas.

## REFERENCIAS

- Carpintero, D. L. (2002) Catalogo de las Anthocoridae Neotropicales (Heteroptera). *Rev. Sociedad Entomológica Argentina*, 61, (1-2), 25-44.
- Chow, A., Chau, A. & Heinz, K. M. (2010). Compatibility of *Amblyseius* (Typhlodromips) *swirskii* (Athias-Henriot)(Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on roses. *Biological control*, 53(2), 188-196.
- Dogřramaci, M., Arthurs, S. P., Chen, J., McKenzi, C., Irrizary, F. & Osborne, L. (2011). Management of chilli thrips *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on peppers by *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Biological control*, 59, 340–347.
- Falamarzi, S., Asadi, G. & Hosseini, R. (2009). Species inventory, preys and host plant of *Anthocoridaes ensulato* (Hemiptera: Heteroptera) in shiraz and its environs (Iran, Fars province). *Acta Entomologica musei Nationalis Pragae*, 49(1), 33-42.

- Ferragut, F. y González, J. E. (1994). Diagnóstico y distribución de las especies de *Orius* Wolff 1811, peninsulares (Heteroptera, Anthocoridae). *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, 20, 89-101.
- Froeschner, R. (1949). Contribution to a synopsis of the Hemiptera of Missouri, Pt. IV Hebridae, Mesoveliidae, Cimicidae, Anthocoridae, Cryptostemmatidae, Isometopidae, Meridae. *American Midland Naturalist*, 42(1), 123-188.
- Herrera, J., Barba, A. (2013). Identificación de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en cultivos de cucurbitáceas en Panamá. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 47-55.
- Jung, S., Yasunaga, T. & Lee, S. (2011). Taxonomic review of the genus *Orius* (Heteroptera: Anthocoridae) in the Korean Peninsula. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 14(1), 64-74.
- Kelton, L.A. (1963). Synopsis of the genus *Orius* Wolff in America north of Mexico (Heteroptera: Anthocoridae). *Canadian Entomologist*, 95, 631-636.
- Kondo, T., Rincón, D. F., Pérez-Álvarez, R., Vásquez-Ordóñez, A.A. y González, F. G. (2018). *Uso de depredadores como agentes de control biológico para insectos plaga*. In Cotes, A.M. (Ed.), Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Bogotá, Colombia. Agrosavia Editorial. 1, 486-543.
- Lefebvre, M. G., Reguilón, C. y Kirschbaum D. S. (2013). Evaluación del efecto de la liberación de *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), como agente de control biológico de trips en el cultivo de frutilla. *Rev. RIA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina*, 39(3), 273-280.
- Lorenzo, M. E., Baso, L., Mendez, L., Grille, G., Bonato, O. & Basso, C. (2019). Effect of two oviposition feeding substrates on *Orius insidiosus* and *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae). *Florida Entomologist*, 102(2), 395-402.
- Lorenzo, M. E., Baso, L., Mendez, L., Grille, G., Bonato, O. & Basso, C. (2020). Preference of *Orius insidiosus* and *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae) for host plants in olfactometry and free-choice experiments. *Florida Entomologist*, 103(4), 492-498.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). (2006). Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Resuelto No. DAL-028 (De 18 de mayo de 2006), “Por medio del cual se declara a *Thrips palmi* bajo control oficial fitosanitario en todo el territorio nacional. Gaceta Oficial No. 25272, Panamá, República de Panamá. p. 9.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). (2020). Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Dirección De Agricultura – Cultivos Agrícolas De Mayor Impacto A La Economía – Cierre Año 2019-2020. Consultado el 20 de marzo de 2021. Disponible en: [https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/cierre\\_agricolacorrec%281%29.pdf](https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/cierre_agricolacorrec%281%29.pdf)

- Pascua, M. S., Rocca, M., De Clercq, P. & Greco, N. M. (2018). Host Plant Use for Oviposition by the Insidious Flower Bug (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Economic Entomology*, 20(5), 1-7.
- Paterno, L. C., Paes, V. H. & Martins, S. (2003). Record of two species of *Orius* Wolff (Hemiptera, Anthocoridae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(2), 303-306.
- Salas, J. (1995). *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) su presencia en la región centro occidental de Venezuela. *Revista Agronomía Tropical*, 45(4), 637-645.
- Sansone, C. G. & Smith, J. W. (2001). Identifying predation of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: noctuidae) eggs by *Orius spp.* (Hemiptera: Anthocoridae) in cotton by using ELISA. *Rev. Environmental Entomology*, 30(2), 431-438.
- Shapiro, J. P., Shirk, P. D., Kelley, K., Lewis, T. M. & Horton, D. R. (2010). Identity of two sympatric species of *Orius* (Hemiptera: Heteroptera: Anthocoridae). *Journal of Insect Science*, 10, 1-17.
- Zachrisson, B. & Barba, A. (2020). Biological Control in Panama. En J. C. van Lenteren, V. H. P. Bueno, M. G. Luna y Y. C. Colmenarez (eds.), *Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future* (pp 345-353), CAB International.

***Oligonychus ununguis* (ACARI: TETRANYCHIDAE): PLAGA DEL CIPRÉS (*Cupressus lusitanica* MILL.) EN TIERRAS ALTAS, CHIRIQUÍ, PANAMÁ**

***Oligonychus ununguis* (ACARI: TETRANYCHIDAE): CYPRESS (*Cupressus lusitanica* MILL.) PEST IN TIERRAS ALTAS, CHIRIQUI, PANAMA**

Rubén D. Collantes González<sup>1\*</sup>, Javier E. Pittí C.<sup>1</sup>, Alonso Santos-Murgas<sup>2</sup>, Martín A. Caballero E.<sup>1</sup> y Maricsa Jerkovic<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá (rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>; pittjavier28@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>; maxel797@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6124-0935>)

<sup>2</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Panamá (santosmurgasa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>)

<sup>3</sup>Fundación Hrvatska. Panamá (maricsajerkovic@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0982-9088>)

\*Correo de Correspondencia: rdcg31@hotmail.com

Recibido: 12/06/2021

Aceptado: 14/03/2022

**RESUMEN.** El ciprés (*Cupressus lusitanica*), conífera utilizada frecuentemente como ornamental y cerca viva, entre otros usos; es afectada por el ácaro del abeto, *Oligonychus ununguis* (Jacobi, 1905) (Acari: Tetranychidae), cuyo daño consiste en deteriorar el follaje. En Tierras Altas, principal zona productora de hortalizas en Panamá es frecuente encontrar ciprés próximo a cultivos, además de que es empleado como árbol de navidad. Recientemente, se han observado afectaciones en el follaje de esta planta, por lo que el objetivo del presente trabajo consistió en identificar el agente causal de dicha afectación en el área y conocer la comunidad de artrópodos asociados. Para ello, se visitaron siete localidades en el Distrito de Tierras Altas, donde se detectó el daño. Adicionalmente, en Cerro Punta se realizaron 25 muestreos aleatorios de artrópodos, en cercas vivas de ciprés cercanas a cultivos hortícolas. Se realizó observación directa, registro fotográfico y colecta de follaje y especímenes para su análisis en el laboratorio. Como resultado, se confirmó que el agente causal del daño en el follaje del ciprés es el ácaro *O. ununguis* y la comunidad de artrópodos está representada por al menos 27 taxa en Cerro Punta.

**PALABRAS CLAVE:** Ácaro del abeto, cerca viva, ciprés, comunidad de artrópodos, plaga.

**ABSTRACT.** Cypress (*Cupressus lusitanica*), is a conifer frequently used as an ornamental and living fence, among other uses; which is affected by the spruce mite, *Oligonychus ununguis* (Jacobi, 1905) (Acari: Tetranychidae), whose damage consists of deteriorating the foliage. In Tierras Altas, the main vegetable-producing area in Panama, it is common to find cypress close to crops, in addition to being used as a Christmas tree. Recently, affectations have been observed in the foliage of this plant, so the objective of this work was to identify the causal agent of said affectation in the area and to know the community of arthropods associated with cypress. To do this, seven locations were visited in the Tierras Altas District, where the damage was detected. Additionally, in Cerro Punta, 25 random arthropod samplings were carried out in living cypress fences near horticultural crops. Direct observation, photographic record and collection of foliage and specimens were carried out for their analysis at laboratory. As results, the causal agent of cypress foliage damage was *O. ununguis* and the arthropod community is represented by at least 27 taxa in Cerro Punta.

**KEYWORDS:** Arthropods community, cypress, living fence, pest, spruce mite.

## INTRODUCCIÓN

El ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill., 1768) (Pinales: Cupressaceae), es una conífera, con una distribución natural desde el sur de México hasta Nicaragua; aunque, existen registros botánicos que la sitúan desde los 36° N en California, US, hasta los 21° S en Tarija, Bolivia. Es además una especie introducida en varios países, con diversos usos como cortina rompe viento, cerca viva, ebanistería, lutería, ornamental, entre otros (Figura 1) (Aguilar & Murillo, 2012; INAB, 2017).

Arguedas (2008), listó para Costa Rica 14 especies de insectos que ocasionan daños al ciprés, en estado de plántula (2), follaje (6), ramas (2), fuste (3) y raíz (1). Adicionalmente, Aguilar & Murillo (2012), reportaron también en Costa Rica a *Oligonychus ununguis* (Jacobi, 1905) (Acari: Tetranychidae), ocasionando daños económicos considerables al ciprés.



**Figura 1.** Usos del ciprés: a) Cerca viva; b) Árboles de navidad; c) Banco; d) Decoración (Foto: A. Domingo); e) Ebanistería; f) Leña; g) Regalos.

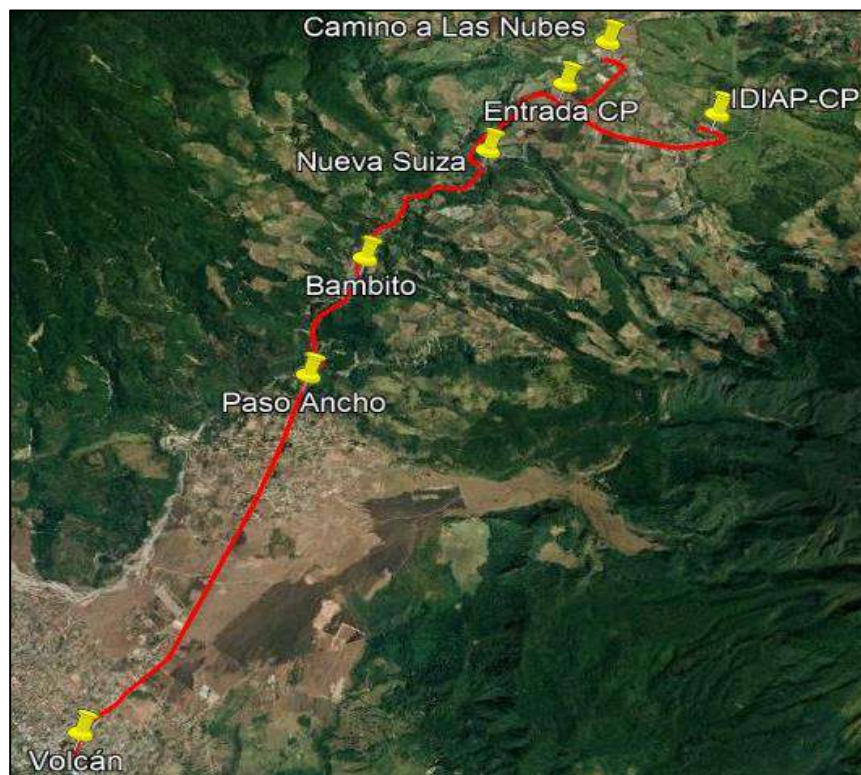
En Tierras Altas, una de las principales zonas productoras de hortalizas en Panamá, se tienen cercas vivas de ciprés y romero (*Salvia rosmarinus* (Linnaeus)), próximas a parcelas con cultivos. En esta última, Collantes & Jerkovic (2020), encontraron las arañas *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Araneae: Araneidae), *Leucauge venusta* (Walkenaer, 1841) (Araneae, Tetragnathidae), *Nephila* sp. (Araneae: Araneidae); e insectos benéficos como *Zelus longipes* (Linnaeus, 1767) (Hemiptera: Reduviidae) y *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae).

Se observaron afectaciones en el follaje del ciprés (Figura 1a), en diferentes sitios de Tierras Altas. Además de servir como cortinas rompe viento, linderos, prevenir la erosión, mejorar el paisaje,

entre otros beneficios; el ciprés podría albergar fauna benéfica, como se ha visto en otras cercas vivas (Collantes *et al.*, 2016; 2021a). Es necesario que estos elementos constituyentes del agroecosistema reciban un manejo apropiado, para lo cual la identificación de posibles plagas es vital. El presente trabajo tuvo por objetivo identificar el agente causal de las afectaciones en el follaje del ciprés y la comunidad de artrópodos en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió al Distrito de Tierras Altas, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. Se definió un transecto de 15,86 km, desde Cerro Punta hasta Volcán. Se realizaron observaciones en siete localidades, donde se observaron afectaciones en el follaje: IDIAP-Estación Experimental Cerro Punta (8°51'14,50"N 82°34'16,31"O, 1952 m s.n.m.), camino a Las Nubes (8°51'48,60"N 82°34'59,94"O, 1857 m s.n.m.), entrada Cerro Punta (8°51'29,11"N 82°35'16,77"O, 1856 m s.n.m.), Nueva Suiza (8°50'59,59"N 82°35'47,41"O, 1731 m s.n.m.), Bambito (8°50'10,77"N 82°36'35,95"O, 1636 m s.n.m.), Paso Ancho (8°49'17,95"N 82°36'57,52"O, 1615 m s.n.m.) y Volcán (8°46'39,63"N 82°38'24,01"O, 1402 m s.n.m.) (Figura 2).



**Figura 2.** Ubicación del área de estudio. Fuente: Google Earth Pro (2021).

Adicionalmente, se escogió una cerca viva de ciprés, próxima a cultivos hortícolas en Cerro Punta, de 200 m de longitud y más de 3 m de altura; revisándose por ambos lados periódicamente, durante

24 meses (octubre/2019 – octubre/2021), dando un total de 25 muestreos aleatorios. Se realizó observación directa, llevándose registro fotográfico y se colectaron muestras para análisis en el laboratorio; incluyendo follaje afectado. Para la identificación se consultaron los trabajos de Oliver & Chapin (1981), Triplehorn & Johnson (2005), Nájera & Souza (2010), Pérez & Forbes (2011), Aguilar & Murillo (2012), NAPPO (2014), Collantes & Pittí (2019), Santos-Murgas *et al.*, (2021).

Los datos de colecta fueron registrados y analizados en Hojas de Cálculo de Google, para determinar los porcentajes que representa cada taxa en la comunidad. Adicionalmente, se estimó la diversidad de la comunidad por el índice de Simpson ( $S_i$ ), mediante la siguiente ecuación:

$$S_i = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde  $N$  es la población total de artrópodos encontrados,  $n_i$  es la población encontrada por especie,  $S$  el número de especies encontradas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados (Tabla 1), se confirmó que el agente causal del daño observado en el follaje de ciprés en Tierras Altas corresponde a la especie *Oligonychus ununguis* (Jacobi, 1905) (Acari: Tetranychidae) (Figuras 3 y 4). Adicionalmente, en la cerca viva de ciprés revisada en Cerro Punta, se encontraron arañas de las familias Salticidae, Segestriidae y la especie *Leucauge venusta* (Walckenaer, 1841) (Tetragnathidae) (Figura 5). En cuanto a insectos, se encontraron ocho órdenes, 21 familias y 23 especies, destacando *Tipula* sp. (Diptera: Tipulidae) (Figura 6), *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae) (Figura 7) y *Cryptanura* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Figura 8). Como hallazgo interesante, también se encontró a *Pelecinus polyturator* (Drury, 1773) (Hymenoptera: Pelecinidae) (Figura 9). Respecto a la composición de la comunidad, el Orden Diptera fue el más predominante (31,9%), seguido por Hymenoptera (23,1%) y Acari (13,2%) (Figura 10). El índice de Simpson fue de 0,946, el cual, al ser próximo al valor de 1, refleja una mayor diversidad.

**Tabla 1.** Artrópodos encontrados en ciprés, octubre/2019 – octubre/2021.

Clase	Orden	Familia	Especie	Estadios	Número
Arachnida	Araneae	Tetragnathidae	<i>Leucauge venusta</i>	Adulto	3
		Segestriidae		Adulto	2
		Salticidae		Adulto	3
	Trombidiformes	Tetranychidae	<i>Oligonychus ununguis</i>	Huevo, adulto	12
	Odonata	Coenagrionidae		Adulto	3
	Dermaptera	Labiidae		Adulto	1
Insecta	Orthoptera	Acrididae		Ninfas	4
		Acrididae	Schistocerca sp	Adulto	2
		Tettigoniidae		Ninfas	3
	Hemiptera	Flatidae		Adulto	1



Clase	Orden	Familia	Especie	Estadios	Número
		Pentatomidae		Adulto	1
	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Epitrix</i> sp.	Adulto	2
		Curculionidae	<i>Epicaerus</i> sp.	Adulto	2
		Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.	Adulto	10
	Diptera			Adulto	5
		Syrphidae	<i>Allograpta</i> sp.	Adulto	7
		Muscidae	<i>Musca domestica</i>	Adulto	5
		Tachinidae		Adulto	2
	Lepidoptera	Pieridae	<i>Leptophobia aripa</i>	Adulto	1
		Nymphalidae	<i>Episcada salvinia</i>	Adulto	1
		Ichneumonidae	<i>Cryptanura</i> sp.	Adulto	9
	Hymenoptera		<i>Enicospilus</i> sp.	Adulto	3
		Braconidae	<i>Bracon</i> sp.	Adulto	1
		Pelecinidae	<i>Pelecinus polyturator</i>	Adulto	1
		Tiphidae	<i>Tiphia</i> sp.	Adulto	2
		Pompilidae	<i>Pepsis</i> sp.	Adulto	1
		Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Adulto	4

**2 clases      10 órdenes      25 familias      27 especies      3      91**

Azul= Herbívoros-Defoliadores; Naranja = Depredador; Verde = Fitófago; Gris =Detritívoro-Omnívoro;

Amarillo = Parasitoide; Celeste = Polinizador.



**Figura 3.** Huevos de *O. ununguis*.    **Figura 4.** Adulto de *O. ununguis*.    **Figura 5.** *L. venusta*.



Figura 6. Pareja de *Tipula sp.*, copulando.

Figura 7. *Allograpta sp.*



Figura 8. *Cryptanura sp.*

Figura 9. *P. polyturator.*

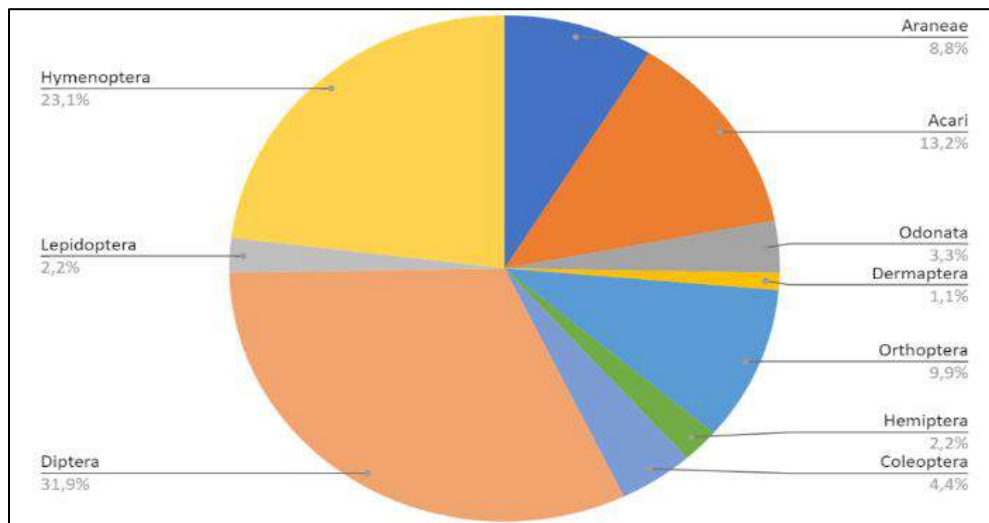


Figura 10. Composición de la comunidad de artrópodos en ciprés por Orden.

*Oligonychus ununguis* resultó ser el agente causal del deterioro del follaje en el ciprés en Tierras Altas. Arguedas (2008), encontró 14 especies plaga, entre las cuales reportó la presencia del gusano cortador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), insecto cosmopolita, polífago, que afecta las plántulas recién emergidas o trasplantadas en varios cultivos; esta especie es considerada de gran importancia para los productores (Lezcano *et al.*, 2004; Muñoz *et al.*, 2015; Collantes, 2021), pero no fue encontrada en el ciprés durante el estudio. La explicación podría deberse a que, las plantas de ciprés revisadas en esta investigación fueron arbustos de varios años y no plántulas, que son el estado susceptible de ser afectado por la plaga. Además, la presencia de arañas podría contribuir con el control biológico natural de algunas especies de defoliadores y fitófagos, de acuerdo con lo encontrado por Collantes *et al.*, (2021c) en Chiriquí.

Messelink *et al.*, (2014) indicaron que, el conocer la diversidad vegetal constituye una parte fundamental y una de las principales áreas de interés del control biológico por conservación; dado que las plantas con potencial como refugio de la fauna benéfica pueden subsidiar las necesidades de estos organismos. En este tenor, Collantes *et al.*, (2021b) recientemente levantaron información sobre especies frutales con potencial como alimento funcional en Cerro Punta, encontrando también presencia de depredadores y parasitoides en dichos agroecosistemas productivos.

El encontrar seis taxa depredadores, siete parasitoides, cinco herbívoros-defoliadores, cinco fitófagos, un detritívoro-omnívoro y tres polinizadores; es reflejo de las complejas interacciones tróficas asociadas con una especie como el ciprés. La especie *Pelecinius polyturator*, ha sido referida por Lara & Periotto (2014), como parasitoide de larvas de *Phyllophaga* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae); plaga que también ha sido observada en cultivos de hortalizas por Collantes (2021).

La presencia destacada de Ichneumonidae ha sido una constante, observada en otros estudios de artrópodos benéficos, como los de Collantes & Rodríguez (2015), Collantes & González (2021). En este sentido, Santos-Murgas *et al.*, (2021) reportaron a *Cryptanura* sp. parasitando a *Taeniotus scalatus* Gmelin, 1790 (Coleoptera: Cerambycidae), lo cual es reflejo de la importancia de estas avispas en el control biológico natural de plagas forestales. Esto cobra mayor interés, al considerar que las coníferas tienen importancia en la ebanistería, construcción, decoración, entre otros usos.

En cuanto al análisis de diversidad de la comunidad de artrópodos, lo observado en ciprés es parecido a lo reportado para *Acacia horrida* en la costa peruana por Collantes *et al.*, (2016) dado que, aplicando el índice de Simpson, se tendrían valores entre 0,81 y 0,92, próximos al valor obtenido en la presente investigación (0,946). Dichos resultados reafirman la contribución que tienen las cercas vivas, como refugios potenciales de fauna benéfica y, por ende, son entes facilitadores de servicios naturales en el agroecosistema que merecen ser manejados de la mejor manera posible. Para ello, resulta necesario a futuro diseñar estrategias de manejo del ácaro *O. ununguis*, que no comprometan el establecimiento y continuidad de los artrópodos benéficos.

## CONCLUSIONES

De la presente investigación, se concluye que el agente causal del daño observado en el follaje de *Cupressus lusitanica* en Tierras Altas, Chiriquí es *Oligonychus ununguis* (Jacobi, 1905) (Acari: Tetranychidae). Adicionalmente, la comunidad de artrópodos asociados al ciprés en Cerro Punta está representada por al menos 27 taxa; de las cuales, predominan los organismos parasitoides con siete especies, seguidos por los depredadores con seis, los herbívoros-defoliadores con cinco y los fitófagos con cinco. El orden Diptera representó el 31,9% de la comunidad, seguido por el orden Hymenoptera con 23,1% y Acari con 13,2%. El índice de Simpson obtenido de 0,946 refleja una buena diversidad en la comunidad estudiada, por lo que se recomienda dar seguimiento a estas investigaciones, para comprender mejor las complejas interacciones tróficas ocurridas en estos agroecosistemas y establecer alternativas de manejo del ácaro *O. ununguis* que no comprometan el equilibrio natural.

## AGRADECIMIENTOS

A los colaboradores de la Estación Experimental de Cerro Punta del IDIAP, por su apoyo y cooperación constante con la ejecución de actividades de investigación e innovación.

## REFERENCIAS

- Aguilar, H. y Murillo, P. (2012). Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: período 2008-2012. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 11-28. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/download/9818/9254/0>.
- Arguedas, M. (2008). Problemas fitosanitarios del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Costa Rica. Kurú: *Revista Forestal (Costa Rica)*, 5(13), 1-8. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5123208.pdf>.
- Collantes, R. (2021). Gusano cortador (*Agrotis ipsilon*) que afecta los cultivos de hortalizas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. Folleto No. 1, Proyecto de Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. IDIAP, Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí – Panamá. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19587.02086>.
- Collantes, R. y González, F. (2021). Artrópodos benéficos asociados al agroecosistema cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Costa Abajo, Colón. *Ciencia Agropecuaria*, 32, 1-11. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/416>.
- Collantes, R. y Jerkovic, M. (2020). Comunidad de arañas asociadas al romero en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 9-16. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.689>.
- Collantes, R.; Jerkovic, M. y Beyer, A. (2021a). Insectos y arañas asociados a plantas ornamentales en David, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 14(1), 9-20. <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n1.703>.
- Collantes, R., Perla, D., Rodríguez, A., Beyer, A. y Altamirano, J. (2016). *Acacia Horrida* (L.) Willd.: refugio de artrópodos benéficos en la costa peruana. *Saber y Hacer*, 3(1), 37-47. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/185>.
- Collantes, R. y Pittí, J. (2019). Insectos asociados al aguaymanto en Cerro Punta, Chiriquí-Panamá. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 147-160. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.638>.
- Collantes, R.; Pittí, J.; Jerkovic, M. y Atencio, R. (2021b). Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 2(1), 1-11. [https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla\\_este/article/view/2460](https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2460).

- Collantes, R.; Pittí, J.; Santos, A. y Jerkovic, M. (2021c). El género *Argiope* (Araneae: Araneidae) en la Provincia de Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 14(2), 190-200. <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.799>.
- Collantes, R. y Rodríguez, A. (2015). Diversidad de avispas parasitoides (Hymenoptera) en agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8(2), 207-218. <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n2.226>.
- INAB. (2017). Ciprés común (*Cupressus lusitanica* Miller). Paquete Tecnológico Forestal, Guatemala. 32pp. [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2802/Technical/CIPRES.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2802/Technical/CIPRES.pdf).
- Lara, R. I. R. & Perioto, N. W. (2014). Seasonality of *Pelecinus polyturator* (Drury) (Hymenoptera, Pelecinidae) in the Atlantic Rainforest of São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 58(1), 63-65. <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262014000100010>.
- Lezcano, J., Bernal, J. y Hurtado, M. (2004). Eficacia biológica de insecticidas sobre larvas de gusanos cortadores *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) en papa (*Solanum tuberosum*) en Cerro Punta, Bugaba. *Ciencia Agropecuaria*, 16, 97-108. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/cienciaagropecuaria/article/view/228>.
- Messelink, G., Bennison, J., Alomar, O., Ingegno, B., Tavella, L., Shipp, L., Palevsky, E. & Wäckers, F. (2014). Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *Biocontrol*, 59, 377-393. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9579-6>.
- Muñoz, J., Gutiérrez, A., Pittí, J. y Urriola, M. (2015). Nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* sp. en el control de *Agrotis ipsilon*. <http://www.idiap.gob.pa/download/nematodo-entomopatogeno-heterorhabditis-spen-el-control-de-agrotisipsilon/?wpdmdl=2050>.
- Nájera, M. y Souza, B. (2010). Insectos Benéficos: Guía para su identificación. Primera Edición. INIFAP, MX. 73pp.
- NAPPO (North American Plant Protection Organization). (2014). PD 03: Identificación morfológica de las arañas rojas (Tetranychidae) que afectan a las frutas importadas. Ontario, Canadá. 36 p. [https://nappo.org/application/files/6015/9353/4536/DP\\_03Tetranychidae-s.pdf](https://nappo.org/application/files/6015/9353/4536/DP_03Tetranychidae-s.pdf).
- Oliver, A. D. & Chapin, J. B. (1981). Biology and Illustrated Key for the Identification of Twenty Species of economically Important Noctuid Pests. Louisiana Agricultural Experiment Station, Bulletin No. 733, US. 26 pp.

- Pérez, W. y Forbes, G. (2011). Guía de Identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina. Centro Internacional de la Papa (CIP), PE. 44pp.  
<https://doi.org/10.4160/9789290604020>.
- Santos-Murgas, A., Lanuza-Garay, A., Gutiérrez, J., Flores, R. y Ábrego, J. (2021). *Cryptanura* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae), parasitoide de *Taeniotes scalatus* Gmelin 1790 (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae) en Panamá. Aporte Santiaguino 14(1), 43-51.  
<https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n1.747>.
- Triplehorn, C. & Johnson, N. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Séptima edición. Thomson Brooks/Cole, US.864 pp.

**PATOGENICIDAD DE AISLADOS NATIVOS (*Beauveria bassiana*) Y (*Cordyceps javanica*) SOBRE LARVAS DE *Galleria mellonella* (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)****PATHOGENICITY OF NATIVE ISOLATES (*Beauveria bassiana*) AND (*Cordyceps javanica*) ON LARVAE OF *Galleria mellonella* (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)**

Dustin Moreno-Serrano<sup>1</sup>\*, Gladys González<sup>2</sup>, Kathia Castrejón<sup>2</sup>, Reynaldo Vargas<sup>3,4</sup>, Bladimir Xavier Rodríguez-Hernández<sup>1</sup>, Alex Ríos-Moreno<sup>1,4</sup>\*

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Protección Vegetal. Panamá ([dustin.moreno@up.ac.pa](mailto:dustin.moreno@up.ac.pa))  
<https://orcid.org/0000-0001-9134-2222>; [bladimir.rodriguez-h@up.ac.pa](mailto:bladimir.rodriguez-h@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-5297-1595>; [alex.morenom@up.ac.pa](mailto:alex.morenom@up.ac.pa)  
<https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá ([gladys.gonzalezd@idiap.gob.pa](mailto:gladys.gonzalezd@idiap.gob.pa); [lilinet03041988@gmail.com](mailto:lilinet03041988@gmail.com))

<sup>3</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá ([reynaldo.vargas@up.ac.pa](mailto:reynaldo.vargas@up.ac.pa))  
<https://orcid.org/0000-0002-5420-9761>

<sup>4</sup>Sistema Nacional de Investigación de Panamá (SNI), Panamá

\*Correo de Correspondencia: [dustin.moreno@up.ac.pa](mailto:dustin.moreno@up.ac.pa), [alex.morenom@up.ac.pa](mailto:alex.morenom@up.ac.pa)

Recibido:21/07/2021

Aceptado:21/02/2022

**RESUMEN.** El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad patogénica de aislados nativos de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (IDIAP D-Bb1400) y *Cordyceps javanica* (IDIAP RS-Cj006), obtenidos del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). La evaluación fue realizada mediante bioensayos en condiciones de laboratorio, utilizando larvas de V instar del insecto modelo *Galleria mellonella*, sumergiéndolas en suspensiones de  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ , obtenidas de un pie de cría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede Chiriquí. Se determinó la mortalidad expresada por los aislados en relación con el tiempo, estimándose el tiempo letal medio TL50, y la concentración letal media CL50. En todos los casos se presentaron porcentajes de mortalidad mayores al 80% para ambos aislados y se observaron diferencias intraespecíficas en la mortalidad de las larvas tratadas a concentraciones de  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  para ambos aislados. De acuerdo con los resultados obtenidos *Cordyceps javanica* fue más patogénico con TL50: 7.00 días y CL50:  $1.23 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ , aunque el aislado IDIAP D-Bb1400, también mostró un excelente potencial (TL50: 7.31 días y CL50:  $1.55 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ ). Sin embargo, no hubo diferencias significativas interespecíficas ( $\chi^2(2) = 0.41$ ,  $p = 0.81$ ) entre ambos aislados y concentraciones evaluadas. Mediante este trabajo se evidenció por primera vez el gran potencial patogénico de ambos aislados en las larvas tratadas de *G. mellonella* en condiciones de laboratorio, por lo que sería importante y coherente realizar evaluaciones en campo con estos y otros aislados nativos, debido a su promisorio potencial en el control de plagas en la agricultura.

**PALABRAS CLAVE:** Control biológico, Hongos entomopatógenos, IDIAP D-Bb1400, IDIAP RS-Cj006, Mortalidad.

**ABSTRACT.** The objective of this work was evaluated of the pathogenic capacity of native isolates of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (IDIAP D-Bb1400) and *Cordyceps javanica* (IDIAP RS-Cj006), obtained from the Institute of Agricultural Innovation of Panama (IDIAP). The evaluation was carried out through bioassays under laboratory conditions, using V instar larvae of the *G. mellonella* model insect dipping then in fungal suspensions of  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  and  $1 \times 10^9$  conidia  $\text{ml}^{-1}$  obtained from a breeding stock of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Panama. For the evaluation, the mortality expressed by the isolates in relation to time was determined, estimating the mean lethal time TL50, and the mean lethal concentration LC50. In all cases, mortality percentages greater than 80% were presented for both isolates and intraspecific differences were observed in the mortality of the treated larvae at concentrations of  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  conidia  $\text{ml}^{-1}$  for both isolates. According to the results obtained, the isolation of *Cordyceps javanica* was more pathogenic with (TL50: 7.00 days and LC50:  $1.23 \times 10^8$  conidia  $\text{ml}^{-1}$ ), although the isolate IDIAP D-Bb1400 also showed excellent potential (TL50: 7.31 days and LC50:  $1.55 \times 10^8$  conidia  $\text{ml}^{-1}$ ). However, there were no significant interspecific differences ( $p = 0.41$ ) between both isolates and concentrations evaluated ( $\chi^2(2) = 0.41$ ,  $p = 0.81$ ). Through this work, the great pathogenic potential of both isolates was evidenced for the first time in the treated larvae of *G. mellonella* under laboratory conditions, so it would be important and coherent to carry out field evaluations with these and other native strains, due to their promising potential in pest control in agriculture.

**KEYWORDS:** Biological control, Entomopathogenic fungi, IDIAP D-Bb1400, IDIAP RS-Cj006, Mortality.

## INTRODUCCIÓN

Los cultivos en Panamá son afectados por una variedad de plagas insectiles que provocan muchas pérdidas y donde su control principalmente es utilizando plaguicidas con compuestos químicos que perjudican gravemente el ambiente (Martínez, 2009). Ciertamente el uso de estos compuestos ha producido grandes beneficios agrícolas y a la vez, graves problemas de salud pública. Por ello, es importante realizar aportaciones científicas para el control alternativo de estas plagas como el uso de hongos entomopatógenos nativos o comerciales.

Los hongos entomopatógenos (HE), son microorganismos que poseen la capacidad de infectar y matar artrópodos. Esta capacidad ha permitido que se utilicen como una alternativa segura a los insecticidas químicos tóxicos para el control de plagas (Altamira, 2020).

Las especies pertenecientes al orden Hypocreales, conformado por más de 750 especies de HE, han sido ampliamente estudiados y utilizados en biocontrol debido a que tienen un gran rango de huéspedes y son fáciles de producir a gran escala (Butt *et al.*, 2016). Alrededor del 80% de los productos HE disponibles en el mercado se basan en los géneros *Metarhizium* y *Beauveria* (Butt *et al.*, 2016; Faria & Wraight, 2007). Estos géneros están conformados por diferentes especies que en el transcurso del tiempo han ido aumentando debido a los nuevos aislamientos que se realizan en todo el mundo y al empleo de técnicas moleculares que permiten su identificación de forma certera y concluyente.

Los HE no sólo controlan naturalmente las poblaciones de artrópodos, sino que también forman complejas relaciones con las plantas. Se ha demostrado que las especies de HE, *M. robertsii* y *B. bassiana*, proporcionan a las plantas parte del nitrógeno que ellos asimilan durante la parasitación de insectos (Behie & Bidochka, 2014; Litwin *et al.*, 2020), promoviendo el crecimiento de estas (Ríos-Moreno *et al.*, 2016). *Beauveria bassiana* actúa como endófito (coloniza el interior de las plantas) de aproximadamente 25 especies de plantas, contribuyendo al control de plagas y hongos fitopatógenos (McKinnon *et al.*, 2017; Litwin *et al.*, 2020; Vega, 2018). Este hongo coloniza hojas y brotes, además de las raíces, permitiendo que las plantas sean más resistentes a los insectos (Klieber & Reineke 2016; Litwin *et al.*, 2020).

Los HE se han desarrollado como una importante táctica dentro de la estrategia de manejo integrado de plagas en las últimas décadas (Quesada-Moraga *et al.*, 2009), debido a que presentan mecanismos de invasión únicos que les permiten atravesar de forma directa la cutícula; lo que los hace excelentes agentes de control biológico actuando como insecticidas de contacto (Charnley & Collins, 2007; Faria & Wraight, 2007; Quesada-Moraga & Santiago-Álvarez, 2008). En ese sentido, es necesario seguir aportando estudios sobre la patogenicidad y endofitismo de diversos hongos en los diferentes lugares del mundo y en las diferentes especies de insectos plagas (Hernández *et al.*, 2019).

La polilla mayor de la cera *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) conocido por ser una plaga en la industria apícola por sus hábitos alimenticios de las larvas y a los túneles que forman en medio de los panales (Rijo *et al.*, 1996; Jackman & Drees, 1998; Chandel *et al.*, 2003). Sin embargo, aparte de ser considerada una importante plaga en la apicultura, se utiliza en muchos



lugares como un organismo modelo de estudio y se debe a que existe una buena correlación al evaluar la patogenicidad de varios microorganismos como es el caso de hongos y bacterias en larvas de *G. mellonella* (Jander *et al.*, 2000; Joyce & Gahan, 2010). La comprensión del sistema inmunológico de *G. mellonella* para limitar o eliminar el ataque de patógenos, también ha ayudado a caracterizar este organismo como un modelo de estudio (Kavanagh & Fallon, 2010; Vilcinskas, 2010; Harding *et al.*, 2013). Esto se debe a que los hemocitos son el principal mediador de las defensas celulares y son el tipo de célula más numeroso que se encuentra en la hemolinfa de *G. mellonella* (Lavine & Strand, 2002). Estas células son fagocitos y realizan funciones similares a los macrófagos y neutrófilos humanos.

Las larvas de *G. mellonella*, también son utilizadas como hospedantes alternativos para la producción de parasitoides y otros enemigos naturales de plagas perjudiciales para los agroecosistemas (Gallo *et al.*, 1988). Es por esto que destaca como insecto modelo al evaluar la patogenicidad e incluso se utiliza como insecto trampa para capturar microorganismos como los hongos entomopatógenos (Vilcinskas, 2010).

Por todo lo expuesto, el propósito de esta investigación fue evaluar la patogenicidad de aislados nativos de hongos entomopatógenos obtenidos en la Provincia de Chiriquí, utilizando larvas de *G. mellonella* en condiciones de laboratorio.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Área del Estudio**

El estudio se realizó en el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en David y en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, sede Chiriquí.

### **Cría de Larvas de *G. mellonella***

La cría y evaluación biológica de *G. mellonella*, se estableció obteniendo larvas de panales infestados con la polilla, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá sede Chiriquí (8°23'41.79''N – 82°19'47.60''O) y trasladadas al laboratorio de entomología del Instituto de Innovación Agropecuaria, David, provincia de Chiriquí al occidente de la República de Panamá (8°26'05.48''N – 82°27'47.94''O). El pie de cría se estableció en una dieta artificial, que consistió en una mezcla de 400 g de salvado de trigo, 120 g de harina de trigo, 160 g de leche de ternero y 300 ml de miel por cada 680 g de dieta. Los valores ambientales registrados durante los 62 días en promedio que tardó el ciclo biológico de *G. mellonella*, en °C y humedad relativa (HR) fueron un mínimo de 25°C y un máximo de 33°C con una HR de 58% y un máximo de 86%, respectivamente; obteniendo un promedio de 28°C y 76% de HR. Durante el ciclo biológico se determinó los instares larvarios del insecto bajo las condiciones ambientales del área de estudio, donde se establecen ocho instares larvales, utilizando como referencia la exuvia de la cápsula cefálica (Flores-Pérez *et al.*, 2005).

## Hospedantes

Las larvas empleadas de *G. mellonella* fueron obtenidas del pie de cría que se mantuvo bajo condiciones de asepsia. Para este bioensayo, se emplearon larvas de instares intermedios, por lo que selecciono el instar V, de acuerdo con la biología realizada por el equipo de investigación institucional.

## Hongos entomopatógenos

Los aislados nativos de *Beauveria bassiana* (IDIAP D-Bb1400) y *Cordyceps javanica* (IDIAP RS-Cj006), pertenecen a la primera colección de HE con utilidad en la agricultura del IDIAP y que recientemente fueron caracterizados de forma morfofisiológica y molecular (González-Dufau *et al.*, 2015; González-Dufau *et al.*, 2021). Estos aislados se multiplicaron utilizando medio de cultivo Sabouraud Dextrosa Agar (SDA), con antibiótico (Cloranfenicol 0.5 g/L) dentro de una cámara estéril de flujo laminar para evitar contaminación y la incubación se realizó a temperatura de  $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**Preparación de suspensión de Conidios:** La suspensión de conidios se obtuvo a partir de la multiplicación masiva de los dos hongos y sus estructuras reproductivas en un sustrato natural, que en este caso fue arroz y que fueron mantenidas bajo condiciones asépticas en incubadoras a  $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 15 días. Luego, la matriz se sumergió en una solución de agua estéril con Tween 80 al 0,1% como dispersante de conidios. Estas suspensiones iniciales se sonicaron durante cinco minutos para homogeneizar la suspensión conidial y luego se filtraron a través de varias capas de estopilla para eliminar las estructuras miceliales.

Las suspensiones de conidios utilizadas para los bioensayos se calcularon realizando diluciones seriadas en agua destilada estéril a partir de una solución concentrada obtenida de una matriz y utilizando una cámara de Neubauer para realizar los conteos de conidios y la fórmula de French & Hebert, (1982). El tiempo de germinación de los conidios se determinó en ensayos anteriores con un Tiempo Medio de Germinación (TG50) de 9.38 horas para el aislado RS-CJ006 y 13.97 horas para D-Bb1400, según González-Dufau *et al.*, (2021).

Número de conidios/ml= No. de conidios x factor de cámara ( $10^4$ ) x factor de dilución

## Patogenicidad de las Aislados D-Bb1400 Y RS-Cj006

La patogenicidad fúngica por aislados se evaluó en diez larvas de quinto estadio de *G. mellonella*, por replica, estas fueron sumergidas en diluciones de  $1 \times 10^7$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  durante 20 segundos y luego se colocaron individualmente en placas de Petri con dieta a temperatura ambiente promedio registrada de 26.2 con un mínimo de 25.1 y un máximo de 26.8°C; se realizó la misma metodología utilizando un grupo de larvas nuevas para las diluciones  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  respectivamente. La mortalidad sobre las larvas se registró diariamente durante 10 días posteriores al ensayo. Las larvas muertas se esterilizaron inmediatamente con hipoclorito de sodio al 1%, seguido de tres enjuagues con agua destilada estéril y se colocaron en platos Petri con papel filtro humedecido con agua estéril a temperatura ambiente, con el fin de observar crecimiento de estructuras fúngicas. Las larvas utilizadas como control se sumergieron en agua estéril con Tween

80 al 0,1% y se evaluaron de igual forma. Se empleó un diseño completamente al azar y se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento incluyendo el control.

### Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se tabularon en una hoja de cálculo de Microsoft Excel®. Se verificó la normalidad y los valores atípicos de todos los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y posteriormente, la prueba de Levene para verificar la homocedasticidad de varianzas, antes de realizar cualquier análisis estadístico.

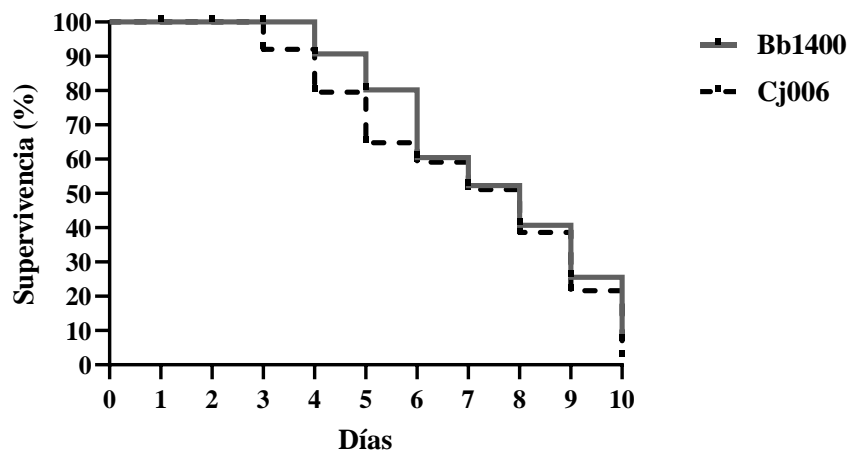
En algunos casos se utilizó la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado para análisis de Proporciones. Los resultados fueron expresados como Media  $\pm$  DS (desviación estándar). Se empleó un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , y los análisis se realizaron con el programa estadístico STATISTICA versión 10 (StatSoftV10) y los gráficos con Graph Pad Prism V.9.0. (San Diego, CA, USA).

La concentración letal media (CL50) se calculó a través del estimador de análisis Probit y el tiempo letal medio se determinó utilizando la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Los datos de supervivencia de *G. mellonella* durante los diez días de ensayo, se analizaron con el estimador no paramétrico Kaplan-Meier.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

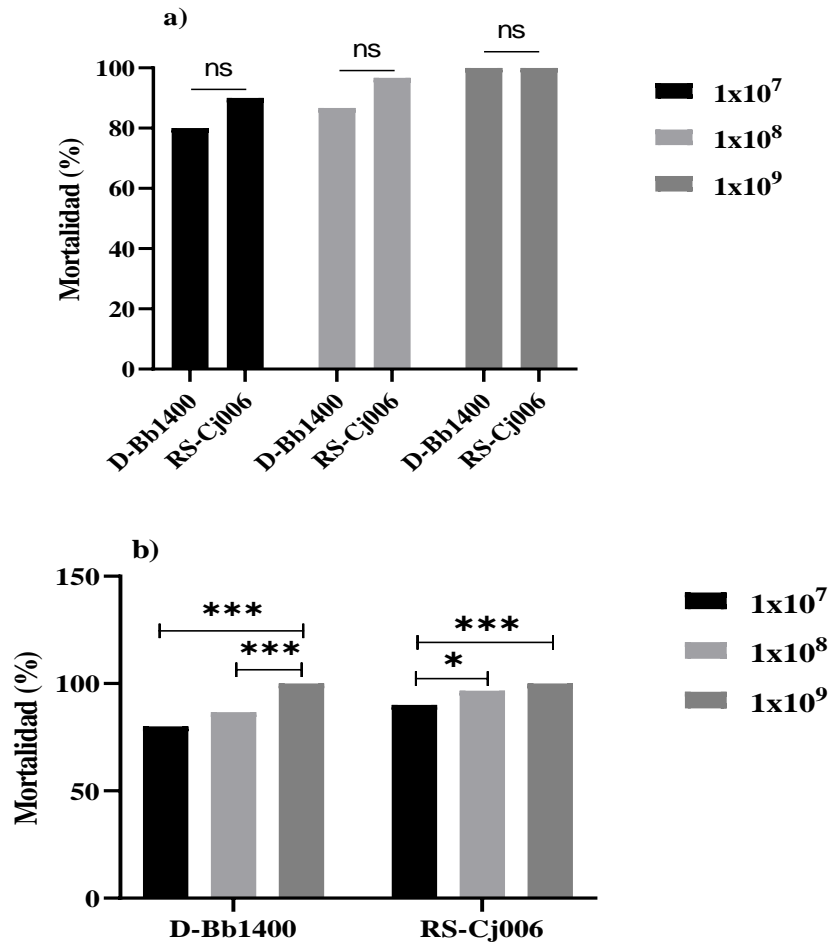
- Resultados

El estimador de supervivencia no paramétrico Kaplan-Meier (**Figura 1**) mostró que no hubo diferencias significativas para ambas aislados ( $\chi^2_{(1)} = 1.41$ ,  $p = 0.23$ ).



**Figura 1.** Porcentaje y días de supervivencia de acuerdo con las aislados IDIAP D-Bb1400 y IDIAP RS-Cj006, sobre instares (V) de *Galleria mellonella*.

La mortalidad para el aislado D-Bb1400 fue de 80, 86 y 100% para las concentraciones  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  respectivamente y para RS-Cj006 fue de 90, 96.6 y 100% para las concentraciones  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ . La (Figura 2a) muestra la mortalidad de las larvas tratadas de los aislados D-Bb1400 y RS-Cj006 e indican que no hubo diferencias significativas de supervivencia ( $p = 0.41$ ) entre ambos aislados y concentraciones evaluadas. ( $\chi^2_{(2)} = 0.41$ ,  $p = 0.81$ ). Se observa que en la aislados D-Bb1400 hubo diferencias en la mortalidad entre la concentración  $1 \times 10^9$  con respecto a  $1 \times 10^7$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  ( $\chi^2_{(1)} = 15.05$ ,  $p = 0.001$ ) y  $1 \times 10^8$  ( $\chi^2_{(1)} = 22.22$ ,  $p = 0.001$ ). Con relación, al aislados RS-Cj006 hubo diferencias estadísticamente significativas entre la concentración  $1 \times 10^7$  con  $1 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (concentraciones ( $\chi^2_{(2)} = 4.03$ ,  $p = 0.04$ ) y entre  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  ( $\chi^2_{(1)} = 10.53$ ;  $p = 0.001$ ) y una tendencia entre las concentraciones  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  ( $\chi^2_{(1)} = 3.05$ ;  $p = 0.08$ ) (Figura 2b).



**Figura 2.** Mortalidad para larvas de V instar de *G. mellonella*, inoculadas con suspensiones fúngicas de los aislados D-Bb1400 y RS-Cj006 (a) a concentraciones de  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (b). *ns*  $p > 0.05$ ; \*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

D-Bb1400 y IDIAP RS-Cj006 fueron de  $7.31 \pm 0.22$  y  $7.00 \pm 0.25$  días respectivamente ( $p > 0.05$ ). El CL50 se calculó con la función Probit dando como resultado  $1.23 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (6.86-7.76 IC 95%) para el aislado RS-Cj006 y  $1.55 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (6.48-7.51 IC 95%) para el aislado D-Bb1400 ( $p > 0.05$ ; **Tabla 1**). La TL50 para el aislado IDIAP

**Tabla 1.** Valor del tiempo y concentración letal media (TL50), (CL50), sus intervalos de confianza al 95%, de los aislados D-Bb1400 y RS-Cj 006, a concentraciones de  $1 \times 10^7$ ,  $8,9$  conidios  $ml^{-1}$  sobre larvas de V instar de *G. mellonella*.

AISLADOS	CL50 (Conidios $ml^{-1}$ )	TL50 (Días promedio $\pm$ SE)	IC 95% (Días)
<b>IDIAP D-Bb1400</b>	$1.55 \times 10^8$ <sup>a</sup>	$7.31 \pm 0.22$ <sup>a</sup>	6.48-7.51
<b>IDIAP RS-Cj006</b>	$1.23 \times 10^8$ <sup>a</sup>	$7.00 \pm 0.25$ <sup>a</sup>	6.86-7.76

Las mismas letras dentro de las columnas indican que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el TL50 y en la CL50 en conidios  $ml^{-1}$ . IC= intervalo de confianza al 95%.

- **Discusión**

La patogenicidad de los dos aislados nativos fue evaluada utilizando larvas del V instar del insecto modelo de estudio *G. mellonella*, proveyendo interesantes resultados según nuestro conocimiento por primera vez en Panamá.

En el presente estudio se obtuvo un TL50 de 7.31 y 7.00 días, una CL50 de  $1.55 \times 10^8$  y  $1.23 \times 10^8$  conidios  $ml^{-1}$  para los aislados D-Bb1400 y RS-Cj006 respectivamente, no mostrando diferencias significativas entre ambos aislados ( $p=0.41$ ) pero si intraespecíficas para las concentraciones evaluadas. Sin embargo, es notable que IDIAP D-Bb1400 mostró un porcentaje inferior de mortalidad para cada concentración presentando diferencias intraespecíficas en la concentración  $1 \times 10^9$  conidios  $ml^{-1}$  en donde alcanzó un 100% de mortalidad, en comparación a las concentraciones de  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$  conidios  $ml^{-1}$  que lograron 80.0 y 86.6%, respectivamente en los días evaluados y por consiguiente su CL50 es mayor en comparación al aislado RS-006 y mostró estadísticamente diferencias significativas dentro de las concentraciones  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  versus  $1 \times 10^9$  conidios  $ml^{-1}$ , cabe destacar que se logró una mortalidad de 90.0, 96.6 y 100%, para las concentraciones  $1 \times 10^7$ ,  $1 \times 10^8$  y  $1 \times 10^9$  conidios  $ml^{-1}$  para el aislado RS-006. No obstante, presentó diferencias significativas de la concentración  $1 \times 10^7$  versus  $1 \times 10^9$  conidios  $ml^{-1}$  y mostró un porcentaje levemente más alto de mortalidad que el aislado D-Bb1400, cabe destacar que el testigo mostro 0% de mortalidad durante el ensayo.

Estos resultados son notables si se comparan con experimentos similares en donde, *C. javanica* ha mostrado un gran potencial como agente de biocontrol para varias plagas de insectos, dando como resultados tiempo medio de supervivencia (TMS) similares a los nuestros para larvas de lepidópteros y variando de acuerdo al orden de insecto, resulta importante mencionar que el aislado (RS-Cj006) recientemente se caracterizó molecularmente siendo encontrada y aislada a partir de broca del café (*Hypothenemus hampei*) (González-Dufau *et al.*, 2015) con accesión al (GenBank: KF373690), lectotipo de la especie. En recientes investigaciones en Estados Unidos, se ha utilizado el aislado (Cj-wf-GA17) de *C. javanica* a una concentración de  $1 \times 10^6$  conidios  $ml^{-1}$  contra larvas de *G. mellonella* del último instar, con el objetivo de determinar su potencial patogénico, bajo condiciones controladas de (20, 25, 30 y 35 °C) que fluctúan dentro de nuestro promedio registrado

que fue 26.2 con un mínimo de 25.1 y un máximo de 26.8°C; en la investigación mencionada se obtuvieron resultados de mortalidad de 25, 78 y 30% a temperaturas de 20, 25 y 30°C respectivamente durante 7 días, sin embargo se realizó un segundo ensayo ampliando el rango de días de evaluación a 14 y se registró un porcentaje de mortalidad superior de 95, 100 y 80% en las temperaturas mencionadas anteriormente (Wu *et al.*, 2020).

En otras investigaciones se informa que *C. javanica* también ataca otros lepidópteros como la polilla de la papa *Phthorimaea operculella*, donde se ha reportado mortalidades de 85, 80 y 90% para huevo, larvas y pupas a concentración de  $1 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  durante 5 días a una temperatura de 27°C y se ha demostrado que existe una relación inversamente proporcional, que ha medida que aumenta la concentración así mismo aumenta la mortalidad de los individuos (Cheng *et al.*, 2018).

Otro estudio demostró que *C. javanica* fue patógeno para dos especies de áfidos, *Hyalopterus pruni* y *Aphis pomi*, causando 66,67 y 75,59% de mortalidad, respectivamente, después de seis días de inoculación con una suspensión que contenía  $1 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (Hasan *et al.*, 2012). Incluso, *Cordyceps javanica* fue moderadamente virulenta contra la polilla gitana *Lymantria dispar* (mortalidad 58-100%) al sumergir las larvas en la suspensión de conidios ( $1 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ ) (Shimazu & Takatsuka, 2010).

En el caso de *Beauveria bassiana* el aislado (D-Bb1400), alcanzó un TMS de 7.31 días y una CL50 de  $1.55 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ , por lo tanto, fue moderadamente menos virulenta y causo una mortalidad inferior a RS-Cj006, en las concentraciones evaluadas, cabe destacar que no hubo diferencias significativas entre estas y que ambas mostraron un 100% de mortalidad en la concentración  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ . Estos resultados, son similares a los obtenidos por González-Dufau *et al.*, (2021), que con estos aislados evaluados en *Hypothenemus hampei*; quienes reportaron 100 % de mortalidad a los 15 días y Tiempo letal medio (TL50) de 3.98 días para el aislado RS-Cj006 y 7.86 días para el aislado D-Bb1400 a una concentración de  $1 \times 10^9$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ .

En algunas investigaciones similares se identificaron datos muy parecidos a los obtenidos en esta investigación donde larvas de *G. mellonella* tratadas con el aislado 80.2 de *Beauveria bassiana* nativo de Francia a concentraciones  $1 \times 10^1 - 1 \times 10^3$ , muestran que para obtener un 100% de mortalidad se necesitaron en promedio 7-9 días, mostrando síntomas de infección a los 4-5 días aproximadamente (Wojda *et al.*, 2009; Vertyporokh *et al.*, 2020).

Bidochka *et al.*, (2002), evaluó 61 aislados de *B. bassiana* a una concentración de  $1 \times 10^7$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  y reportando un TMS de 3,2 días para *G. mellonella*. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos en esta investigación y puede asociarse a que, la patogenicidad de cada aislado está influenciada por componentes de origen genético (Mena, 1999). Por otro lado, los TMS para *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleurodidae) en donde ninfas fueron tratadas con aislamientos de *B. bassiana* varían de 5.9 a 7.4 días a una concentración de  $1 \times 10^5 - 1 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$  (Quesada-Moraga *et al.*, 2006a). En otros estudios el TMS fue de 5,4 a 14,4 días para 10 aislados de *B. bassiana* en concentraciones de ( $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^8$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ ) para la patogenicidad frente a *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) (Quesada-Moraga *et al.*, 2006b). Además, en adultos de *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) tratado con tres aislamientos *B. bassiana* ( $1 \times 10^7$  conidios  $\text{ml}^{-1}$ ) (Liu & Bauer, 2006) el TMS fue de 4,2 días.

Es importante mencionar que el potencial patogénico de ambos aislados RS-Cj006 y D-Bb1400 podría estar influenciado por diversos factores: a) presencia de adherencias en la superficie de los conidios en unión a la cutícula de insectos (Anand *et al.*, 2009), b) una o más factores de virulencia como quitinasas, proteasas Pr1 y Pr2. (Anand *et al.*, 2009; Santi *et al.*, 2010) y c) presencia de colágeno, capa protectora que permite a los hongos superar la inmunidad innata de los insectos cuando llega el hongo en contacto con la hemolinfa (Anand *et al.*, 2009; Freed., 2012). Por lo que es importante seguir evaluando diferentes aislados de hongos entomopatógenos, como las de este estudio, debido a su posible potencial en el control de plagas en la agricultura.

## CONCLUSIONES

Los aislados D-Bb1400 e RS-Cj006 mostraron una excelente actividad biocontroladora sobre *G. mellonella* en laboratorio, ocasionando mortalidades entre (80-100%) y (90-100%).

Teniendo en cuenta la alta mortalidad causada bajo condiciones de laboratorio sobre larvas de *G. mellonella*, ambos aislados IDIAP D-Bb1400 e IDIAP RS-Cj006 son promisorios para hacer estudios de formulación y la posterior evaluación bajo condiciones de campo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaria Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT) y al Sistema Nacional de Investigación (SNI), por financiar este proyecto de investigación.

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, por autorizar la utilización de los aislados de hongos entomopatógenos evaluadas.

A grupo CALESA, por suministrarnos la metodología e ingredientes para preparar la dieta artificial del insecto.

## REFERENCIAS

Altamira, P. (2020). Microorganismos con actividad entomopatógena. Boletín No.419, INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Anand, R., Prasad, B. & Tiwary, B. (2009). Relative susceptibility of *Spodoptera litura* pupae to selected entomopathogenic fungi. *BioControl*, 54(1), 85–92 pp. doi: <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9157-x>

- Behie, W. & Bidochka, M. (2014). Ubiquity of insect-derived nitrogen transfer to plants by endophytic insect-pathogenic fungi: an additional branch of the soil nitrogen cycle. *Applied Environmental Microbiology*, 80(1), 1553–1560 pp.
- Bidochka, M., Menzies, F. & Kamp, A. (2002). Genetic Bassiana, groups of the insect-pathogenic fungus *beauveria bassiana* are associated with habitat and thermal growth preferences. *Archives of Microbiology*, 178(1), 531–537 pp.
- Butt, T., Coates, C., Dubovskiy, I. & Ratcliffe, A. (2016). Chapter nine-entomopathogenic fungi: New insights into host-pathogen interactions. *Advances in Genetics*, 94(1), 307–364 pp.
- Chandel, Y., Sharma, S. & Verma, K. (2003). Comparative biology of the greater wax moth, *Galleria mellonella* and lesser wax moth, *Achoria grisella*. *Forest Pest Management and Economic Zoology*, 11, 69-74 pp.
- Charnley, A. & Collins, S. (2007). Entomopathogenic fungi and their role in pest control. in Kubicek and Druzhinina (eds), *The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships (2nd edition)*, 159-187 pp.
- Cheng, X., Gao, Y., Yang, Ch., Zhang, Xi., Qin, F., Lu, J., Gao, Y. & Xu, R. (2018). Potencial del hongo entomopatógeno *Isaria javanica* para el control del gusano de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Israel Journal of Entomology*, 48(2), 197–208 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1453866>
- Faria, M. & Wraight, S. (2007). Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international clasification of formulation types. *Biological Control*, 43(3), 237–256 pp. doi: [10.1016/j.biocontrol.2007.08.001](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.08.001)
- Flores-Pérez, L., Bautista, N., Valdez, J., Morales, O. & Quiñones, S. (2005). Comparación de dos técnicas de medición de cápsulas cefálicas para separar estadios larvales de *Copitarsia incommoda* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta zoológica mexicana*, 21(2), 109-113 pp.
- Freed, S., Jin Feng-Lian., Muhammad, N., & Hussian, A. (2012). Toxicity of Proteins Secreted by Entomopathogenic Fungi against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *International journal of agriculture and biology*, 14(2), 291–295 pp.
- French, E., & Hebert, T. (1982). Metodología de investigación fitopatología. ed. M de la Cruz. San José, Costa Rica, IICA. 290 pp.
- Gallo, D., Nakano, S., Silveiro, N., Carvalho, G., Batista, E., Berti, F., Parra, R., & Zucchi, S. (1988). En: *Manual de entomologia agrícola*. 2nd. edición. Ed. Agronómica Ceres Ltda., Sao Paulo, 291-293 pp.
- González Dufau, G., Caballero, S., G, Contreras., Vergara, G., & Mejía, L. (2015). Caracterización morfológica y molecular del aislado endémico RS006, biocontrolador de *Hypothenemus*



*hampei* en Panamá. *Revista Ciencia Agropecuaria*, 22(1), 78–85pp.  
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/166/131>

- González Dufau, G., Monzón, A., Santamaría Guerra, J., Santo, U., Caballero, S., Castrejon, K., & Sanjur, M. (2021). Caracterización morfofisiológica y molecular de hongos entomopatógenos asociados a *Hypothenemus hampei* en áreas cafetaleras de la comarca Ngäbe-Buglè. *La Calera*, 21(36). <https://doi.org/10.5377/calera.v21i36.11555>
- Harding, C., Schroeder, G., Collins, J., & Frankel, G. (2013). Use of *Galleria mellonella* as a Model Organism to Study *Legionella pneumophila* Infection. *Journal of Visualized Experiments*, 81, e50964, doi:10.3791/50964
- Hasan, W., Assaf, L., & Abdullah, S. (2012). Occurrence of entomopathogenic and other opportunistic fungi in soil collected from insect hibernation sites and evaluation for their entomopathogenic potential. *Bulletin of the Iraq Natural History.Museum*, 12(1), 19–27 pp. <https://www.iasj.net/iasj?func=article&aId=60719>
- Hernández, P., Martínez, R., & Padilla, A. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/496>
- Jackman, J. & Drees, B. (1998). A field guide to Texas insects. Houston: Gulf Publishing Company.
- Jander, G., Rahme, L. G. & Ausubel, F. M. (2000). Positive correlation between virulence of *Pseudomonas aeruginosa* mutants in mice and insects. *Journal of Bacteriology*, 182(1), 3843-384 pp.
- Joyce, S. & Gahan, C. (2010). Molecular pathogenesis of *Listeria monocytogenes* in the alternative model host *Galleria mellonella*. *Microbiology*, 156(1), 3456-3468 pp.
- Kavanagh, K. & Fallon, J. (2010). *Galleria mellonella* larvae as models for studying fungal virulence. *Fungal Biology Reviews*, 24(1), 79–83 pp. doi: [10.1016/j.fbr.2010.04.001](https://doi.org/10.1016/j.fbr.2010.04.001)
- Klieber, J. & Reineke, A. (2016). The entomopathogen *Beauveria bassiana* has epiphytic and endophytic activity against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Journal Applied Entomology*, 140(1), 580–589 pp.
- Lavine, M. & Strand, M. (2002). Insect hemocytes and their role in immunity. *Insect Biochemistry Molecular Biology*, 32(1), 1295-1309 pp.
- Liu, H. & Bauer, L. (2006). Susceptibility of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Economic Entomology*, 99(4), 1096–1103 pp. doi: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.4.1096>

- Litwin, A., Nowak, M. & Rózsalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Reviews in environmental science and biotechnology*, 19(1), 23-42 pp.
- Martínez, E. (2009). Selección de hongos entomopatógenos para el control biológico de áfidos (*T. citricida*) de Coclé. Trabajo de grado (maestría en microbiología ambiental). Vicerrectoría de investigación y postgrado, Universidad de Panamá.
- McKinnon, A., Saari, S., Moran-Diez, M., Meyling, N., Raad, M. & Glare, T. (2017). *Beauveria bassiana* as an endophyte: a critical review on associated methodology and biocontrol potential. *Biocontrol*, 62(1), 1–17 pp.
- Mena, J. (1999). Patogenicidad y variación de efectividad de *Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae* en diferentes condiciones ambientales, en poblaciones naturales de *Premnotripex vorax* (Hustache). Trabajo de grado (maestría en biología). Facultad de Ciencias, Universidad del valle.
- Quesada-Moraga, E., Maranhao, E., Valverde, G. & Santiago-Álvarez, C. (2006a). Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialetrodes vaporariorum* on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity. *Biological Control*, 36(1), 274–287 pp.
- Quesada-Moraga, E., Ruiz, G. & Santiago-Álvarez, C. (2006b). Laboratory Evaluation of Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* Against Puparia and Adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 99(6), 1955–1966 pp.
- Quesada-Moraga, E., Martin-Carballo, I., Garrido-Jurado, I. & Santiago-Álvarez, C. (2008). Autodissemination of *Metarhizium anisopliae* between adults of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 47(1), 115–124 pp. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.07.002>
- Quesada-Moraga, E., Ortiz-Urquiza, A., Garrido-Jurado, I., Muñoz-Ledesma, F., García-Fernández, P. y Santiago-Álvarez, C. (2009). Los hongos entomopatógenos y sus proteínas insecticidas en el control de plaga de insectos. *III Jornadas de Divulgación de La Investigación En Biología Molecular, Celular y Biotecnología. Córdoba, España.*, 15–19 pp.
- Ríos-Moreno, A., Garrido-Jurado, I., Resquín-Romero, G., Arroyo-Manzanares, N., Arce, L. & Quesada-Moraga, E. (2016). Destruxin A production by *Metarhizium brunneum* strains during transient endophytic colonisation of *Solanum tuberosum*. *Biocontrol Science and Technology*, 26(1), 1574-1585 pp.
- Rijo, E., Matos, N. y Barrios, A. (1996). Desarrollo de *Galleria mellonella* alimentada con dieta a base de derivados de la industria azucarera. *Ciencia Tecnología Agrícola en Protección de Plantas*, 12(1), 61-69 pp.

- Santi, L., Beyes de Silva, W., Berger, M., Guimares, J., Schrank, A. & Vainstein, M. (2010). Conidial surface proteins of *Metarhizium anisopliae*: Source of activities related with toxic effects, host penetration and pathogenesis. *Toxicon*, 55(4), 874–880 pp. doi: [10.1016/j.toxicon.2009.12.012](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.12.012)
- Shimazu, M. & Takatsuka, J. (2010). *Isaria javanica* (anamorphic Cordycipitaceae) isolated from gypsy moth larvae, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae), in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 45(3), 497–504 pp. doi: [10.1303/aez.2010.497](https://doi.org/10.1303/aez.2010.497)
- Vega, F., Goettel, M., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M., Keller, S., Koire, M., Maniania, N., Monzón, A., Rangel, D. & Roy, H. (2009). Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal Ecology*, 2(4), 149–159 pp. doi: [10.1016/j.funeco.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.05.001)
- Vega, F. (2018). The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Mycologia*, 110, 4–30 pp.
- Vertyporokh, L., Hulaś-Stasiak, M. & Wojda, I. (2020). Host-pathogen interaction after infection of *Galleria mellonella* with the filamentous fungus *Beauveria bassiana*. *Insect science*, 27(5), 1079–1089 pp. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12706>
- Vilcinskas, A. (2010). Coevolution between pathogen-derived proteinases and proteinase inhibitors of host insect. *Virulence*, 1(3), 206–214 pp. doi: [10.4161/viru.1.3.12072](https://doi.org/10.4161/viru.1.3.12072)
- Wojda, I. (2017) Immunity of the greater wax moth *Galleria mellonella*. *Insect Science*, 24(1), 342–357 pp.
- Wu, S., Toews, M., Oliveira-Hofman, C., Behle, R., Simmons, A. & Shapiro-Ilan, D. (2020). Environmental Tolerance of Entomopathogenic Fungi: A New Strain of *Cordyceps javanica* Isolated from a Whitefly Epizootic Versus Commercial Fungal Strains. *Insects*, 11(10), 711 pp. <http://dx.doi.org/10.3390/insects11100711>

## AGRONEGOCIOS Y LA SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA. UNA APROXIMACIÓN DESDE LA MINERÍA DE TEXTOS

### AGRIBUSINESS AND AGRICULTURAL SUSTAINABILITY. AN APPROACH FROM TEXT MINING

*Andrés Chang<sup>1</sup>\*, Euribiades Chang<sup>1</sup>\*, Edwin Pile<sup>2</sup>\**

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Centro Regional Universitario de Darién. Panamá ([andres.chang@up.ac.pa](mailto:andres.chang@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-4474-6794>; [euribiades.chang@up.ac.pa](mailto:euribiades.chang@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-1228-9804>.)

<sup>2</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Centro Regional Universitario de Darién. Departamento de Zootecnia. Panamá ([edwin.pilem@up.ac.pa](mailto:edwin.pilem@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>)

\*Correo de Correspondencia: [andres.chang@up.ac.pa](mailto:andres.chang@up.ac.pa), [euribiades.chang@up.ac.pa](mailto:euribiades.chang@up.ac.pa), [edwin.pilem@up.ac.pa](mailto:edwin.pilem@up.ac.pa)

Recibido: 07/12/2021

Aceptado: 21/04/2022

**RESUMEN.** Se aborda el tema de Agronegocios y sostenibilidad agrícola desde una metodología que aborda los datos no estructurados disponibles (información de publicaciones procesadas a través de la minería de textos). Las informaciones fueron descritas a través de frecuencias y porcentajes, y comparadas usando Análisis en Componentes Principales. Fueron también identificados atributos relevantes y establecido un modelo de la información referente a la sostenibilidad en el campo del agronegocio. Los resultados permitieron verificar la implantación y evolución del proceso, con la presencia de actividades que se centraban en los principios necesarios para la comercialización de los productos, en el inicio, pasando por temas de administración del mercado con la finalidad de facilitar los procesos de importación y exportación, el desarrollo de una cadena de suministros competitiva, el desarrollo de una estrategia social y global del estado de la tierra, alcanzando finalmente la visión de sostenibilidad a nivel de la finca/ambiente.

**PALABRAS CLAVE:** Agronegocios, sostenibilidad agrícola, minería de textos.

**ABSTRACT.** The issue of Agribusiness and agricultural sustainability is approached from a methodology that addresses the unstructured data available (information from publications processed through text mining). The information was described through frequencies and percentages and compared using Principal Component Analysis. Relevant attributes were also identified and an information model regarding sustainability in the agribusiness field established. The results made it possible to verify the implementation and evolution of the process, with the presence of activities that focused on the principles necessary for the commercialization of the products, at the beginning, going through market administration issues in order to facilitate import and export processes, the development of a competitive supply chain, the development of a social and global strategy of the state of the earth, finally reaching the vision of sustainability at the farm/environment level.

**KEYWORDS:** Agribusiness, agricultural sustainability, text mining.

## INTRODUCCIÓN

El término Agronegocios hace referencia al empleo de actividades económicas derivadas de los productos del campo, siendo consideradas la producción, procesamiento, transporte y distribución de estos. Ya la sostenibilidad es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de futuras generaciones, con la garantía de un equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social. La agricultura y el concepto de desarrollo sostenible han recibido especial atención por su importancia en el desarrollo de la humanidad, pues las actividades agrícolas sostenibles que conducen a la mejora del conocimiento y al aumento de competitividad las partes interesadas lo impactan. De esta forma se entiende que solo a través de un enfoque integral aplicando conceptos ecológicos y socioeconómicos en el manejo de estrategias de la agroindustria y basados en una perspectiva holística fundamentada en la sinergia de los elementos del desarrollo sostenible será posible la sustentabilidad del sector agropecuario (Panait & Cucu, 2020).

Sin embargo, a pesar de la percepción de la necesidad de un desarrollo sostenible, la escasez de difusión de información y la competencia desleal son inconvenientes que llevan al aumento constante de las importaciones y disminución de las exportaciones, como es el caso de la ganadería de carne en algunos países, a pesar de que esta asuma un papel importante en el crecimiento económico, la seguridad alimentaria de los hogares y el alivio de la pobreza (Dlamini & Huang, 2020). De igual forma se observa la creación de capacidades específicas por la resistencia de los agricultores frente a la extensión de la agroindustria que llevan a prácticas y estrategias económicas, sociales y técnicas únicas determinadas por el contexto de sus situaciones, de sus proyectos y de los valores que asocian con la profesión agrícola (Rossi, Filardo, & Chia, 2020).

Así, considerando este contexto, la propuesta de este trabajo fue la de establecer la relación del atributo “sostenibilidad” con atributos con una contribución significativa, en términos de publicaciones registradas, en el campo del agronegocio, observando su evolución hasta establecer su posición actual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado a partir de la elaboración de una base de datos de toda la información publicada y posible de ser rescatada usando el gestor bibliográfico Mendeley (v.1.19.4). Los datos fueron procesados usando técnicas en minería de textos, usando el paquete *quanteda* (Benoit *et al.*, 2018). Para la manipulación del marco de datos se utilizó el paquete *dplyr* (Wickham *et al.*, 2021), y en la elaboración de las gráficas se utilizaron los paquetes *FactoMineR* (Lê, Josse, & Husson, 2008) y *factoextra* (Kassambara & Mundt, 2020). Para las tablas se usó el paquete *kableExtra* (Zhu, 2021). Las informaciones fueron descritas a través de frecuencias y porcentajes. La interrelación de las variables fue realizada usando Análisis en Componentes Principales. Para mejor manejo de la información, después de la recolección de los datos, la variable año fue dividida en clases (<1990, 1990-2000, 2001-2010, 2011-2015, >2016). La identificación de atributos relevantes fue realizada utilizando las funciones *dfm\_weight* (argumento = “prop”) y *topfeatures* (argumento = 20) del paquete *quanteda*.

```

library(quanteda)
library(factoextra)
library(FactoMineR)
library(revtools)
df <- read_bibliography("Mis datos")

texto = corpus(df$abstract)
dfm(texto,
     ...,
     ...,
     ...,
     stem=T) %>%
dfm_weight(., "prop") -> x

x[,c(names(topfeatures(x,20)))] %>%
data.frame() %>%
select(-doc_id) -> x

pca = PCA(x, graph = F)
fviz_pca_var(pca, ...)

```

También fue establecido un modelo de la información referente a la sostenibilidad en el campo del agronegocio usando el paquete topicmodels (Grün & Hornik, 2011). Los criterios usados durante la investigación fueron “label” y “abstract.” Con ellos fueron creados marcos de datos a partir de los atributos identificados.

```

library(topicmodels)
library(quanteda)
library(revtools)
df <- read_bibliography("Mis datos")

temas <- corpus(df$abstract)
dfm(temas,
     ...,
     ...,
     ...,
     ...) %>%
dfm_trim(., min_count = x) %>%
convert(., to = "topicmodels") -> df1

set.seed(1)

topimp = LDA(df1, method = "Gibbs", k = x) ## Latent Dirichlet Allocation

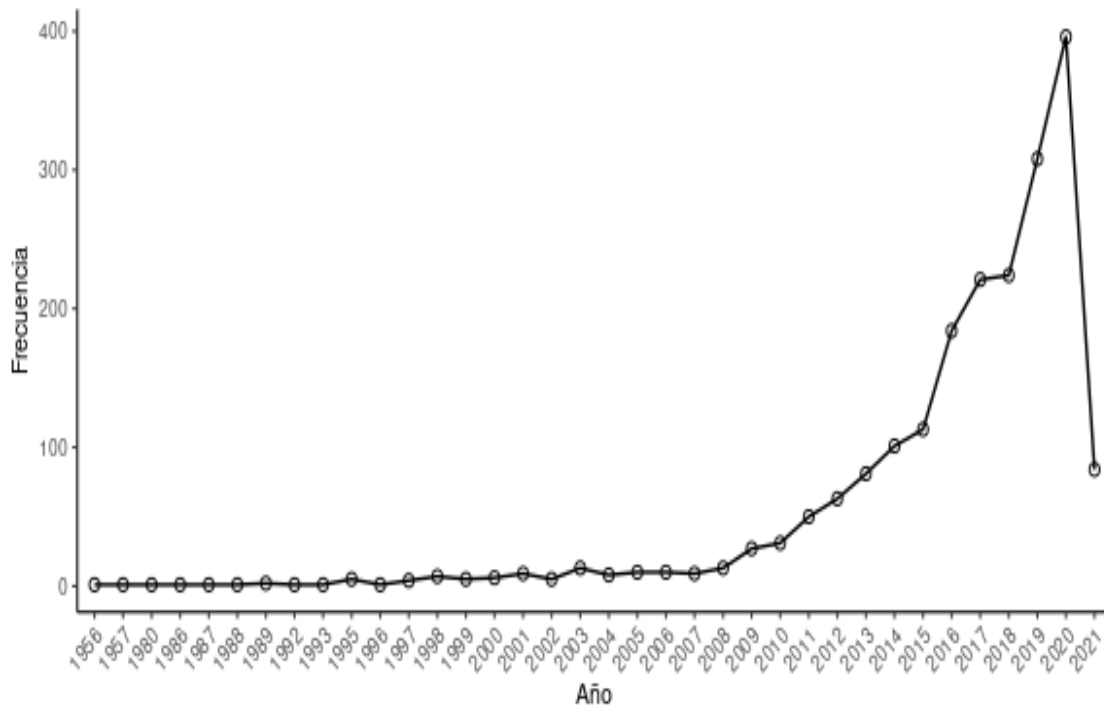
terms(topimp, x)

```

Todos los análisis fueron realizados en el ambiente de computación estadística R (R Core Team, 2021).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el levantamiento fueron rescatados 1998 documentos publicados entre 1956 y 2021. El levantamiento bibliográfico fue realizado hasta marzo/2021, lo que explica el reducido número de publicaciones para ese año. En la Figura 1 se puede apreciar el aumento significativo de publicaciones a partir de 2010. Las publicaciones fueron registradas en 899 periódicos, identificados a través de su ISSN (*International Standard Serial Number*). En la Tabla 1 se registran los periódicos con al menos diez (10) publicaciones realizadas durante el periodo de estudio. *International Food and Agribusiness Management Review* fue el periódico citado con mayor frecuencia (6.1% aproximadamente).



**Figura 1.** Representación gráfica de la frecuencia de publicaciones considerando el atributo Agronegocios.

**Tabla 1.** *Frecuencia de publicaciones en función de las revistas científicas en que fueron realizadas.*

Revistas	Frecuencia	Porcentaje
International Food and Agribusiness Management Review	122	6.11
Custos e Agronegocio	38	1.9
Sustainability (Switzerland)	26	1.3
Revista de Economía e Sociología Rural	24	1.2
Espacios	20	1
Agribusiness	18	0.9
Ekonomika poljoprivrede	18	0.9
Journal of Agrarian Change	17	0.85
Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies	15	0.75
Journal of Agribusiness	14	0.7
Journal of Peasant Studies	11	0.55
Journal of Rural Studies	10	0.5

Los resultados reflejan que, hasta el final de la década de 80, las publicaciones se relacionaban principalmente con las actividades de mercadeo y el productor, con el proceso de investigación prácticamente en inercia (Figura 2a).

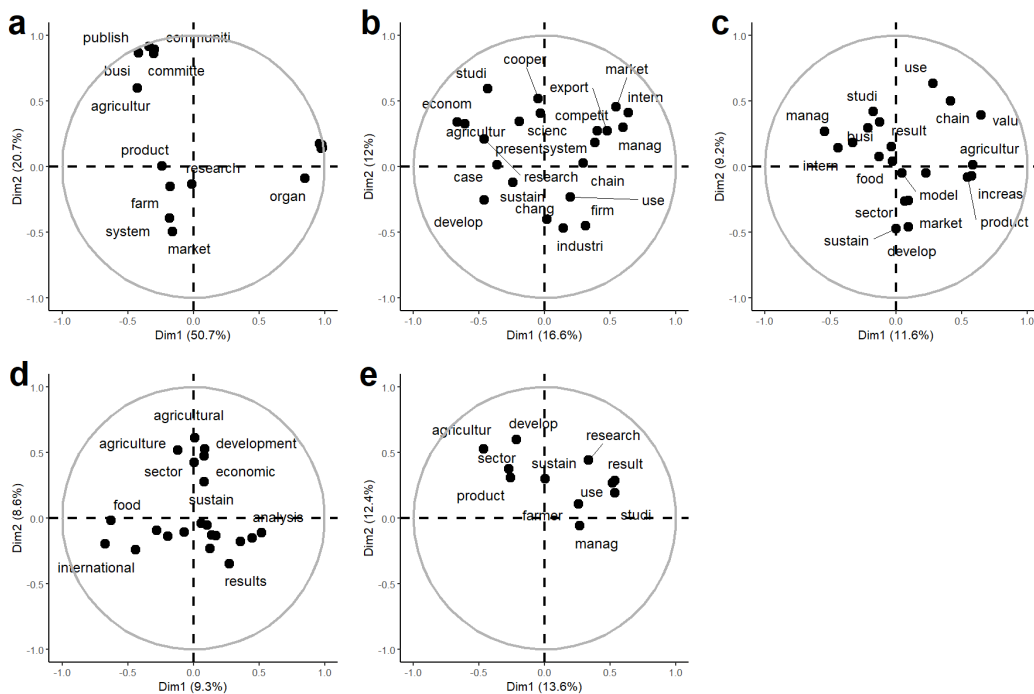
Davis (1956) da inicio a las publicaciones sobre agronegocios en la década de 50. En su documento indicó que el progreso tecnológico llevó a que el desarrollo de las políticas agrícolas fuera interdependiente de la producción agrícola, la comercialización y los negocios. Changnon, Sonka, & Hofing (1988) dejaron clara indicación de la necesidad del uso más efectivo de los datos climáticos con la finalidad de mejorar la producción (Figura 2a). Burkhardt (1986) también destacaba la condición agroindustrial de la producción agrícola en el mundo occidental, abordando la discusión de la necesidad de una ética empresarial, e indicando además la necesidad de generar obligaciones más específicas, como un enfoque de contrato social, que sirviera para proporcionar tanto los principios generales para la práctica ética de la agroindustria, como obligaciones más específicas para los agentes del sistema de producción. Y Dobson & Akridge (1989) indicaban que sería difícil canalizar el agronegocio en pocas áreas prioritarias, debido a su utilidad y viabilidad, por lo que propusieron enfatizar la competitividad, sin aún indicar la necesidad de la sustentabilidad (Figura 2a).

Hasta el final de la década del 90, se tornaron proactivas las actividades administrativas, los asuntos relacionados con la competitividad de los mercados internacionales y de exportación, y estudios que tenían a ver con la economía agrícola. En ese periodo se iniciaron las publicaciones relacionadas con el desarrollo de la sostenibilidad y las cadenas de suministros (Figura 2b).

Boehlje, Akridge, & Downey (1995) identificaron, a través de datos provenientes de compañías, que para un buen posicionamiento estratégico y la planificación en la gestión de las empresas agroindustriales se debería estar consciente de los cambios que se estarían produciendo en el sector, pues ellos afectarían desde el abastecimiento de insumos a través de operaciones, finanzas, ventas y marketing, hasta el contacto final con el cliente. Mientras que Litzenberg (1992) destacó la necesidad de estudios exploratorios sobre asuntos de investigación, incluyendo fuentes de



financiación, identificación de usuarios, necesidades de datos y limitaciones de los programas de investigación en la actividad agroindustrial (Figura 2b). Miles, White, & Munilla (1997) reportaron resultados de investigación al identificar la escogencia del método de creación de presupuestos publicitarios entre cooperativas de agronegocios. Y Sterns, Schweikhardt, & Peterson (1998) hicieron la indicación que en la economía agrícola sería mejor el uso de estudios de casos como medio para recopilar datos y construir y probar teorías, de forma a generar un conjunto sólido y completo de “conocimiento” sobre fenómenos económicos y sociales complejos, debido a la dinámica generada en el campo de la investigación por los rápidos cambios que se producen en el sector (Figura 2b). Ross & Whalen (1999) indicaron que se clasificaron y utilizaron habilidades en emprendimiento global, marketing internacional, finanzas internacionales y logística de comercio internacional para medir la influencia del mercado de exportación en las habilidades prácticas de comercio internacional, mostrando que los requisitos prácticos variaban sustancialmente según la empresa y el mercado de exportación y que, generalmente, las habilidades básicas de gestión, marketing, finanzas y envío fueron las más importantes para una exportación exitosa de productos agrícolas. Y Zylbersztajn & Fava (2000) establecían informaciones básicas sobre la evolución y conceptos generales de los sistemas agroindustriales, economía de la organización, finanzas y agronegocios, marketing de agronegocios, entre otros temas, haciendo uso del concepto de sostenibilidad y su relación con el desenvolvimiento (Figura 2b).



**Figura 2.** Representación gráfica de la interrelación de los atributos relacionados con las publicaciones sobre agronegocios realizadas entre 1956 y marzo/2021 (a. Hasta 1989, b. De 1990 a 1999, c. De 2000 a 2010, d. De 2011 a 2015, e. De 2016 a marzo de 2021.)

Hasta 2010, las investigaciones pasaron a valorar el uso de la cadena de suministros, y las actividades administrativas y de comercio internacional. Se inician las investigaciones relacionadas con la producción de alimentos, el uso de modelos y los procesos de industrialización; y el desarrollo del mercado y su relación con la sostenibilidad y el aumento de la producción comienzan a ser evaluados (Figura 2c).

Brown (2002) demostró a través de un estudio de caso que los productores primarios de las empresas agrícolas deberían aprender a comprender y aprovechar las oportunidades que disponían los nuevos sistemas de gestión de cambio de suministro. Y Conley & Le Boulanger (2003), trabajando en México con entrevistas estructuradas, caracterizaron la gestión del riesgo cambiario y las devaluaciones de la moneda extranjera entre altos ejecutivos de agronegocios. Sin embargo, Saptana & Ashari (2007) llamaron la atención a que países como Indonesia, que se habían centrado en el crecimiento económico, habían causado un impacto negativo en la degradación de los recursos naturales y el medio ambiente, indicando que para mantener la actividad de desarrollo en el futuro sería necesario cambiar la orientación del paradigma de desarrollo en términos de dirección, estrategia y política. Según los autores, el paradigma del desarrollo agrícola sostenible podría ser elegido la mejor solución para aumentar el bienestar social, sin descuidar la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente (Figura 2c). En ese periodo se destaca el surgimiento de la innovación agrícola en países africanos, a través de la agroindustria, las políticas públicas y las cadenas de valor específicas para alimentos básicos, productos de alto valor y ganado (Larsen, Kim, & Theus, 2009). También se indica cómo la agroindustria ofrece la promesa de estimular el crecimiento agrícola y la reducción de la pobreza rural mediante la inclusión de individuos y grupos pertenecientes al sector de bajos ingresos en la cadena de valor de la agroindustria (Ickis *et al.*, 2009). Como auxilio al sector, Webber & Labaste (2009) propone un guía para el uso de enfoques de cadenas de valor en agronegocios y agricultura que proporciona al usuario herramientas viables, basadas en conceptos de cadena de valor, que aumentan la productividad y el rendimiento de la agricultura y la agroindustria (Figura 2c).

Entre 2011 y 2015, la evaluación de asuntos relacionados con la sostenibilidad y el desarrollo agrícola en los sectores de la economía pasa a ser proactiva, además de promoverse las actividades agrícolas en el campo de los agronegocios. Se registra el uso del análisis de datos de las compañías para alcanzar resultados. Trabajos sobre administración y mercado internacional pasan a un segundo plano (Figura 2d).

Ricardo *et al.*, (2015), en Paraná, Brasil, compara el PIB agroindustrial y el desarrollo económico de las cooperativas agrícolas, entre periodos, mostrando la importancia de cada sector en el crecimiento de la agroindustria y su participación en el PIB del estado. Según los autores, el sector industrial fue más sensible a los eventos que siguieron a la crisis económica mundial de 2008. Y Cook & Barry (2011) destacó que en las tres décadas anteriores a su estudio hubo avances significativos en el campo de la economía organizacional, indicando que al endogeneizar las “instituciones” en su análisis, los economistas organizacionales enriquecieron y ampliaron el estudio del comportamiento económico. Sus trabajos apuntaron a que la rápida agro industrialización del sistema alimentario mundial sería un terreno fértil para la adopción de costos de transacción, derechos de propiedad / contratación incompleta y enfoques de agencia para comprender los cambios significativos que afectaban al sector. Se destacó la atención al surgimiento de numerosos centros de investigación y esfuerzos de recolección de datos para

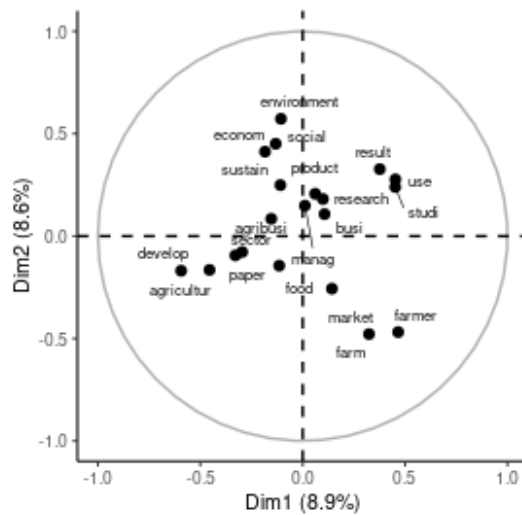
expandir el enfoque analítico de la economía organizacional (Figura 2d). Ya en términos de sustentabilidad, Friedrich, Heyder, & Theuvsen (2012) mostraron que las empresas de agronegocios desarrollaron una amplia comprensión de la gestión de la sostenibilidad y la percepción de un espectro multifacético de demandas sociales a las que deberían satisfacer, sin embargo, no todos los participantes compartían la iniciativa (Figura 2d). Xu & Vera (2014) indicaron que son los gerentes de agronegocios, principales actores de la industria agrícola, quienes determinan en gran medida las prácticas, afectando la percepción sobre la sostenibilidad agrícola. Así, su participación en un programa educativo ayudaría a los futuros gerentes a comprender la importancia de obtener ingresos estables para lograr la sostenibilidad económica (Figura 2d). Rankin *et al.*, (2011), por su parte, exploraron el dominio de la sostenibilidad desde la perspectiva de la agroindustria mediante el establecimiento de niveles o etapas de sostenibilidad en términos de visiones, acciones y medidas de desempeño, además de analizar factores que incluyeron las características de la empresa y las partes interesadas, internas y externas, que influyeron en las iniciativas de sostenibilidad. Sus resultados indicaron que las fuertes presiones administrativas y la función principal de la empresa tenían una relación positiva y altamente significativa con el proceso de sostenibilidad, mientras que las presiones como la competencia, las regulaciones gubernamentales, el tamaño de la empresa y los medios de comunicación tuvieron poco o ningún efecto (Figura 2d). En países del Este, un trabajo también de gran contribución al periodo fue el realizado por Kharaisvili & Erkomaishvili (2015), quienes destacaron que la importancia del desarrollo de la agroindustria se debería demostrar de acuerdo con las tendencias del sector agrícola, eso en Georgia, indicando la necesidad de la evaluación priorizada (Figura 2d).

Ya a partir de 2016, los estudios relacionados con la sostenibilidad, considerando los asuntos administrativos y del productor, pasan a ser proactivos en el agronegocio, además de promover el desarrollo agrícola en el sector productivo (Figura 2e). Sin embargo, en general, la sostenibilidad agrícola aún es un atributo en promoción que se relaciona con los aspectos sociales, económicos y ambientales de forma distante del productor y su mercado. Las investigaciones si están apareciendo en un ambiente proactivo, pero los aspectos del desarrollo agrícola se encuentran en el segundo plano (Figura 2).

Babu & Shishodia (2017) resaltaron el papel de la agroindustria en la transformación del sector agrícola en África, pues existía la oportunidad de aumentar los ingresos y el empleo a través de la producción y exportación de estos bienes. Putri, Aji, & Sulistya (2020) también resaltaron el papel del sector agrícola en casi todas las regiones de Indonesia y en Java Central, e indicaron la necesidad de más tierras para su desarrollo con la finalidad de mejorar el bienestar de la población a través de la reducción de la pobreza y el aumento del Índice de Desarrollo Humano (HDI). Lo mismo hicieron Yakovlev & Stepanova (2020) al indicar que esta es una estructura estratégicamente importante de la economía de su país, pues proporciona seguridad alimentaria, económica, ambiental y energética, contribuyendo al desarrollo de otras industrias y estableciendo direcciones socioeconómicas para el desarrollo del estado (Figura 2e). Leite, Guse, & Hein (2017) llamaron la atención para el análisis de la relación entre el apalancamiento financiero y el desempeño económico financiero en empresas agroindustriales (Figura 2e), y Jankelová *et al.*, (2020) elaboraron un documento que proporciona hallazgos verificables sobre la relación entre los estilos de gestión y el desempeño natural de los negocios, destacando el efecto positivo del liderazgo transformacional con especial atención a la autonomía y la satisfacción laboral (Figura 2). Sin embargo, Jacobo-Hernandez, Barrón-Borquez, & Ochoajiménez (2016) indicaron que el

desempeño de la sostenibilidad en el agronegocio está fuertemente orientado hacia metas económicas que no priorizan sus aspectos sociales y ambientales, demostrando un desequilibrio entre sus tres dimensiones (social, financiera y económica) dentro de las empresas estudiadas. Arora *et al.*, (2016) encontraron que encuestados identificaron que las metas económicas, ambientales y sociales, eran igualmente importantes, pero priorizaron las económicas. Por su parte Anim & Mandleni (2011), sostuvieron que agricultores con mayor conocimiento sobre tecnología y agricultura agroindustrial diversificada tenían más probabilidad de salir adelante en la agricultura agroindustrial convencional y sostenible, mientras que Bell, Hullinger, & Brislen (2015) argumentaron que las nuevas representaciones de la masculinidad agrícola apuntan a afianzar más profundamente la dependencia de los agricultores convencionales de los insumos químicos y los productos agrícolas, alienando efectivamente al agricultor de la tierra (Figura 2).

Usando como una base la información para el establecimiento del modelo propuesto se puede identificar que 1. La integración del desarrollo de los negocios verticalmente con la finalidad de responder eficazmente a la demanda del mercado; estabilizar los precios; y facilitar la infraestructura pos-cosecha con el fin de retrasar la degradación de la calidad del producto y mejorar la posición negociadora de los agricultores en el mercado de productores (Irawan, 2003), 2. La penetración de mercado y el desarrollo de productos (Kurniawan, Darmawan, & Astiti, 2013), 3. El análisis de la cadenas de valor y de suministro, y la gobernanza de la cadena de valor como parte del análisis general de marketing de agronegocios, pues los actores que tienen poder dominante o participación de mercado son visibles en el canal de marketing y la estructura centralizada del mercado (Asmarantaka *et al.*, 2018), 4. La evaluación de los mercados generados de iniciativas ciudadanas y los respaldados por el gobierno (Thabrani, Suharno, & Jahroh, 2019), 5. La determinación de la importancia del impacto negativo de las restricciones de cuarentena causadas por la pandemia de COVID-19 en el mercado agrario, o cualquier factor que obstaculice el desarrollo del mercado agrario, investigando el equilibrio de los indicadores que se mantienen entre los valores de la producción nacional, el consumo interno, la exportación y la importación de productos agrarios (Nazarova *et al.*, 2020), 6. La integración del desarrollo de la agricultura (incluye cultivos de finca, ganadería, pesca y silvicultura) con el desarrollo de agroindustrias y establecedores de servicios de vinculación, teniendo también competitividad y sinergias en la economía mundial, con cada actor jugando su rol facilitador (Saragin, 2001), y 7. mejoras en la capacidad de la Juntas de Asociación de Agricultores como facilitadores mediante la realización de estudios comparativos entre Programas de Desarrollo de Agronegocios Rurales exitosos (Supardi, Susrusa, & Budiasa, 2015), son medidas que podrían aumentar la competitividad agrícola de los agronegocios locales si aplicadas.



**Figura 3.** Representación gráfica de la interrelación de atributos relacionados con la sostenibilidad agrícola durante el periodo de estudio

## CONCLUSIONES

Los resultados permiten inferir que hasta el final de la década del 80 la información se centraba en los principios necesarios para que las compañías pudieran comercializar sus productos. De 1990 a 2000, fueron tratados asuntos de administración del mercado en la agroindustria con la finalidad de facilitar los procesos de importación y exportación, siguiendo con trabajos que permitiesen el desarrollo de la actividad a través de un sistema competitivo considerando la cadena de suministros (2001 - 2010). Entre 2011 y 2015, la orientación de los trabajos permitió el desarrollo del sector agrícola, teniendo en cuenta la administración del comercio interno de alimentos, pasando entonces, a partir de 2016, a una estrategia social y global del estado de la tierra, alcanzando finalmente la visión de sostenibilidad a nivel de la finca/ambiente. En términos de sostenibilidad agrícola en la agroindustria, vemos que los estudios de los últimos años se orientan en la búsqueda del desenvolvimiento del mercado y su relación con el productor, la producción del alimento y el ambiente, sin perder de vista los valores sociales y la administración de la cadena de suministros.

## REFERENCIAS

- Anim, F., & Mandleni, B. (2011). Factors and risks associated with integrated, conventional and sustainable agribusiness farming. *African Journal of Business Management*. <https://doi.org/10.5897/AJBM10.347>
- Arora, P., Peterson, N. D., Bert, F., & Podesta, G. (2016). Managing the triple bottom line for sustainability: A case study of argentine agribusinesses. *Sustainability: Science, Practice, and Policy*. <https://doi.org/10.1080/15487733.2016.11908154>

- Asmarantaka, R. W., Atmakusuma, J., Muflikh, Y. N., & Rosiana, N. (2018). Konsep pemasaran agribisnis. *Jurnal Pertanian*.
- Babu, S. C., & Shishodia, M. (2017). Analytical Review of African Agribusiness Competitiveness. *Africa Journal of Management*. <https://doi.org/10.1080/23322373.2017.1319721>
- Bell, S. E., Hullinger, A., & Brislen, L. (2015). Manipulated Masculinities: Agribusiness, Deskilling, and the Rise of the Businessman-Farmer in the United States. *Rural Sociology*. <https://doi.org/10.1111/ruso.12066>
- Benoit, K., Watanabe, K., Wang, H., Nulty, P., Obeng, A., Müller, S., & Matsuo, A. (2018). Quanteda: An r package for the quantitative analysis of textual data. *Journal of Open Source Software*, 3(30), 774. <https://doi.org/10.21105/joss.00774>
- Boehlje, M., Akridge, J., & Downey, D. (1995). Restructuring agribusiness for the 21st century. *Agribusiness*. [https://doi.org/10.1002/1520-6297\(199511/12\)11:6<493::AID-AGR2720110602>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1520-6297(199511/12)11:6<493::AID-AGR2720110602>3.0.CO;2-G)
- Brown, W. J. (2002). *Agribusiness Cases in Supply Chain Management*.
- Burkhardt, J. (1986). Agribusiness ethics: Specifying the terms of the contract. *Journal of Business Ethics*. <https://doi.org/10.1007/BF00383101>
- Changnon, S. A., Sonka, S. T., & Hofing, S. (1988). Assessing Climate Information Use in Agribusiness. Part I: Actual and Potential Use and Impediments to Usage. *Journal of Climate*. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1988\)001<0757:aciuia>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1988)001<0757:aciuia>2.0.co;2)
- Conley, D. M., & Le Boulanger, O. (2003). Agribusiness management of exchange rate risk. *International Food and Agribusiness Management Review*.
- Cook, M. L., & Barry, P. J. (2011). Organizational Economics in the Food, Agribusiness, and Agricultural Sectors. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.509003>
- Davis, J. H. (1956). From agriculture to agribusiness. *Harvard Business Review*.
- Dlamini, S. I., & Huang, W. C. (2020). Towards intensive co-operated agribusiness: A gender-based comparative borich needs assessment model analysis of beef cattle farmers in Eswatini. *Agriculture (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/agriculture10040096>
- Dobson, W. D., & Akridge, J. T. (1989). Establishing agribusiness research priorities and coordinating agribusiness research. *Agribusiness*. [https://doi.org/10.1002/1520-6297\(198907\)5:4<315::AID-AGR2720050403>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/1520-6297(198907)5:4<315::AID-AGR2720050403>3.0.CO;2-Y)
- Friedrich, N., Heyder, M., & Theuvsen, L. (2012). Sustainability Management in Agribusiness: Challenges, Concepts, Responsibilities and Performance. *International Journal on Food System Dynamics*. <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v3i2.323>

- Grün, B., & Hornik, K. (2011). topicmodels: An R package for fitting topic models. *Journal of Statistical Software*, 40(13), 1–30. <https://doi.org/10.18637/jss.v040.i13>
- Ickis, J. C., Leguizamón, F. A., Metzger, M., & Flores, J. (2009). La agroindustria: Campo fértil para los negocios inclusivos. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*.
- Irawan, B. (2003). Agribisnis Hortikultura: Peluang Dan Tantangan Dalam Era Perdagangan Bebas. *SOCA: Socioeconomics of Agriculture and Agribusiness*.
- Jacobo-Hernandez, C., Barrón-Borquez, M., & Ochoajiménez, S. (2016). Sustainability and Performance in Agribusinesses: The Case of Vegetable Export Businesses in Mexico. *Management of Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1515/msd-2016-0002>
- Jankelová, N., Joniaková, Z., Némethová, I., & Blštáková, J. (2020). How to support the effect of transformational leadership on performance in agricultural enterprises. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su12187510>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). *Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Kharaishvili, E., & Erkomaishvili, G. (2015). Problems faced by the agricultural sector and agribusiness development strategy in Georgia. *International Journal of ...*
- Kurniawan, M. F., Trisna, Darmawan, D. P., & Astiti, NW. S. (2013). Strategi Pengembangan Agribisnis Peternakan Ayam Petelur di Kabupaten Tabanan. *Jurnal Manajemen Agribisnis*.
- Larsen, K., Kim, R., & Theus, F. (2009). *Agribusiness and Innovation Systems in Africa*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7944-8>
- Leite, M., Guse, J. C., & Hein, N. (2017). Financial leverage and financial performance: Analysis on the Brazilian agribusiness. *Custos e Agronegocio*.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Litzenberg, K. K. (1992). Agribusiness And The Agricultural Economics Profession: Research Agendas In Agribusiness. *Journal of Agricultural and Applied Economics*. <https://doi.org/10.1017/s0081305200025905>
- Miles, M. P., White, J. B., & Munilla, L. S. (1997). Advertising budgeting practices in agribusiness: The case of farmer cooperatives. *Industrial Marketing Management*. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(96\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(96)00074-0)

- Nazarova, K. O., Hordopolov, V. Y., Kuliasha, N. Y., & Kuliasha, O. Y. (2020). Development of Agribusiness in Ukraine: Analysis, Evaluation and Audit. *Business Inform.* <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-9-136-146>
- Panait, I., & Cucu, C. M. (2020). The evolution of Romanian agribusiness in the context of sustainable development of agriculture. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence.* <https://doi.org/10.2478/picbe-2020-0102>
- Putri, R. F., Aji, A., & Sulistya, A. R. (2020). Land priority area for agribusiness development based on human and economic resources in Central Java. *IOP conference series: Earth and environmental science.* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/451/1/012020>
- R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing.* Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Rankin, A., Gray, A. W., Boehlje, M. D., & Alexander, C. (2011). Sustainability strategies in U.S. Agribusiness: Understanding key drivers, objectives, and actions. *International Food and Agribusiness Management Review.*
- Ricardo, K., Vilmar, R. M., Claudimar, P. da V., & Jess, A. R. (2015). Agribusiness gross domestic product (GDP) in the Brazilian region of paran and, the economic development of its agricultural cooperatives. *African Journal of Agricultural Research.* <https://doi.org/10.5897/ajar2015.10208>
- Ross, D. G., & Whalen, M. P. (1999). The importance of practical export skills: Some evidence from Canadian agribusiness. *International Food and Agribusiness Management Review.* [https://doi.org/10.1016/s1096-7508\(00\)00019-7](https://doi.org/10.1016/s1096-7508(00)00019-7)
- Rossi, V., Filardo, V., & Chia, E. (2020). Resistance strategies of family farmers facing agribusiness extension in Uruguay. *Cahiers Agricultures.* <https://doi.org/10.1051/cagri/2020014>
- Saptana, & Ashari. (2007). Pembangunan pertanian berkelanjutan melalui kemitraan usaha. *Jurnal Litbang Pertanian.*
- Saragin, B. (2001). Pembangunan Sistem Agribisnis Di Indonesia Dan Peranan Public Relation. *SOCA: Socioeconomics of Agriculture and Agribusiness.*
- Sterns, J. A., Schweikhardt, D. B., & Peterson, H. C. (1998). Using case studies as an approach for conducting agribusiness research. *International Food and Agribusiness Management Review.* [https://doi.org/10.1016/s1096-7508\(99\)80002-0](https://doi.org/10.1016/s1096-7508(99)80002-0)
- Supardi, P. N., Susrusa, K. B., & Budiasa, I. W. (2015). Tingkat Keberhasilan Program Pengembangan Usaha Agribisnis Perdesaan di Kabupaten Ende Provinsi Nusa Tenggara Timur Pendahuluan Tinjauan Pustaka. *Urnal Manajemen Agribisnis.*



- Thabrani, C. N., Suharno, S., & Jahroh, S. (2019). Analisis Kinerja Dan Studi Kelembagaan Pasar Ikan Hias Parung, Kabupaten Bogor (kasus: Ikan cupang). *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*. <https://doi.org/10.20956/jsep.v15i1.6385>
- Webber, C. M., & Labaste, P. (2009). *Building Competitiveness in Africa's Agriculture*. <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-7952-3>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2021). *Dplyr: A grammar of data manipulation*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Xu, P., & Vera, D. (2014). Agriculture Sustainability: A California Agribusiness Students' Perspective. *International Journal of Business and Management*. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v9n5p1>
- Yakovlev, V. A., & Stepanova, A. N. (2020). Analysis and prospects for the development of agribusiness: Regional aspect. *IOP conference series: Earth and environmental science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/2/022034>
- Zhu, H. (2021). *kableExtra: Construct complex table with 'kable' and pipe syntax*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=kableExtra>
- Zylbersztajn, D. N., & Fava, M. (2000). *Economia e Gestão dos negócios Agroalimentares*.

## EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NIVELES FARMACOLÓGICOS DE ÓXIDO DE ZINC SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, PERFIL HEMATOLÓGICO Y CONTROL DE DIARRREA EN CERDOS

### EFFECTS OF SUPPLEMENTING PHARMACOLOGICAL LEVELS OF ZINC OXIDE ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, HEMATOLOGICAL PROFILE AND DIARRHEA CONTROL IN PIGS

*Richard Mudarra<sup>1</sup>\*, José Norato<sup>1</sup>, Reggie Guerra<sup>1,3</sup>, Audino Melgar<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá ([richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa))  
<https://orcid.org/0000-0002-4927-1202>; [jose.norato@up.ac.pa](mailto:jose.norato@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-8356-6725>; [reggie.guerra@up.ac.pa](mailto:reggie.guerra@up.ac.pa)  
<https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá ([audino.melgarm@idiap.gob.pa](mailto:audino.melgarm@idiap.gob.pa)) <https://orcid.org/0000-0001-8491-0236>

<sup>3</sup>Sistema Nacional de Investigación (SNI). Panamá

\*Correo de Correspondencia: [richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa)

Recibido: 13/02/2022

Aceptado: 10/05/2022

**RESUMEN.** Un total de 36 cerdos (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Pietrain; 23±2 días edad; 7.41±0.15 kg) fueron utilizados para evaluar el efecto de la suplementación de niveles elevados de zinc (NEZ), en dietas con niveles reducidos de proteína, sobre el desempeño productivo, perfil hematológico y control de diarrea durante 42 días post-destete. Los cerdos fueron asignados a 3 tratamientos con 3 repeticiones/tratamiento y 4 cerdos por repetición durante tres fases (F) con 14 días/fase. Los tratamientos fueron: control positivo; CP) formulado para suplir los requerimientos nutricionales establecidos por la NRC, (2012); control negativo; CN) similar a CP, con una reducción del 8% lisina y 5% de proteína cruda; PZ) similar a CN, más 1600 y 1500 ppm de Zn como ZnO durante la F1 y F2, respectivamente. En la F3, los cerdos fueron alimentados con una dieta sin NEZ. Se utilizó un diseño completamente al azar, y los datos fueron contrastados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias. Los cerdos alimentados con PZ tuvieron una mayor ganancia de peso (GDP) y consumo de alimento diario (CDA) durante la F1 y F1-2 (P<0.05). Una interacción en la concentración de hemoglobina (Trt\* Día= P<0.10), un aumento en el porcentaje de linfocitos, menor relación neutrófilo:linfocito, como también mayor porcentaje de materia seca fecal fueron encontrados en los cerdos alimentados con PZ (P<0.05). En conclusión, la suplementación de NEZ mejora la GDP, reduce la incidencia de diarrea y estimula el perfil leucocitario en cerdos durante el primer mes post destete.

**PALABRAS CLAVE:** Óxido de zinc, cerdos, proteína, hemoglobina, leucocitos.

**ABSTRACT.** A total of 36 pigs (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Pietrain; 23±2 day old; 7.41±0.15 kg) were used to evaluate the effect of high levels of zinc (NEZ) supplementation in diets with reduced protein levels on performance, hematological profile and diarrhea incidence in pigs for 42 days post weaning. Pigs were allotted to 3 treatments with 3 replicates per treatment and 4 pigs per replicate during three phases (F) with 14 days/phase. The treatments were: positive control; CP) formulated to meet the nutritional requirements established by the NRC, (2012); negative Control CN) similar to CP, with a reduction of 8 % of lysine and 5% of crude protein; PZ) similar to CN, plus the addition of 1600 y 1500 ppm of Zn as ZnO during F1 y F2, respectively. In phase 3, pigs were fed a common diet without NEZ inclusion. A completely randomized design was used, and the data were contrasted through an analysis of variance (ANOVA) with mean comparisons. Pigs fed PZ diets had better average weight gain (GDP) and feed intake (CDA) during phase F1 and phase F1-2 (P<0.05). An interaction in hemoglobin concentration (Trt\*Day= P<0.10), an increase in the percentage of lymphocytes, a lower neutrophil:lymphocyte ratio, as well as higher percentages of fecal dry matter were found in pigs fed PZ (P<0.05). In conclusion, NEZ supplementation improves GDP, reduces the incidence of diarrhea and modulate the leukocyte profile in pigs during the first month after weaning.

**KEYWORDS:** Zinc oxide, pigs, protein, hemoglobin, leukocytes.

## INTRODUCCIÓN

El periodo de separación de los lechones de las cerdas, conocido como destete, es uno de los eventos de mayor estrés en cerdos. Durante este evento ocurren cambios abruptos de manejo, condiciones micro ambientales, jerarquías sociales, y características físicas de la dieta, los cuales repercuten en una descompensación de la respuesta fisiológica general del lechón (Wijttten *et al.*, 2011; Campbell *et al.*, 2013; Collins *et al.*, 2017). Estos cambios fisiológicos afectan en primera instancia la actividad digestiva (Boudry *et al.*, 2004), permitiendo un desbalance ecológico positivo en las poblaciones bacterianas a lo largo de la zona de absorción nutricional (Gresse *et al.*, 2017, Wei *et al.*, 2020,). Dicho desbalance, permite la dominancia de bacterias no benéficas los cuales generan daños significativos en la integridad de la membrana intestinal (Rhouma *et al.*, 2017, Gan *et al.*, 2019) dando como resultado, la aparición al síndrome de diarrea post destete (Liu *et al.*, 2008). La presencia de la diarrea post destete está relacionada con una baja utilización de nutrientes (Wensley *et al.*, 2021), afectando el óptimo desempeño a lo largo de las etapas productivas de crecimiento, y retrasando el tiempo ideal para obtener el peso de mercado en la etapa de finalización (Collins *et al.*, 2017).

La implementación de promotores de crecimiento en la alimentación porcina ha sido ampliamente utilizado para aliviar los efectos negativos del destete en el desempeño productivo de los cerdos (de Lange *et al.*, 2010). Niveles elevados o farmacológicos de zinc, como óxido de zinc, en dietas para cerdos luego del destete ha evidenciado, en cierto modo, aliviar la incidencia de diarrea (Zhang y Guo 2009; Xia *et al.*, 2017,) y mejorar el desempeño productivo (Hill *et al.*, 2001, Zhang y Guo 2009, Walk *et al.*, 2015). La NRC, (2012) establece 100 ppm como el requerimiento nutricional de zinc en cerdos en la etapa de inicio, sin embargo, los mejores resultados en alivianar el estrés post destete y aumentar significativamente el desempeño ha sido mostrado en dietas con inclusiones superior a 1500 ppm (Han y Thacker, 2009).

A pesar de que existen algunas evidencias que soportan hipótesis sobre las posibles formas de acción del óxido de zinc a nivel molecular y su relación con mejoras en el desempeño productivo en cerdos, existe un déficit de información científica sobre el efecto de niveles farmacológicos de inclusión de zinc, como óxido de zinc, en dietas con niveles reducidos de proteína y su respuesta compensatoria en el desempeño productivo de los cerdos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un total de 36 cerdos (♀ Landrace x Yorkshire X ♂ Pietrain) durante la etapa de inicio, con una edad promedio de  $23 \pm 2$  días y un peso de  $7.41 \pm 0.15$  kg, fueron utilizados para evaluar el efecto de la suplementación de niveles elevados de zinc (NEZ) con dietas reducidas en proteína sobre el desempeño productivo, perfil hematológico e incidencia de diarrea en cerdos durante la etapa de inicio. Los cerdos fueron asignados a tres tratamientos dietéticos con tres repeticiones por tratamiento y cuatro cerdos por repetición.

La fase experimental se llevó a cabo en una instalación convencional abierta, ubicada en el Centro de Investigación Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agropecuaria, ubicado en el corregimiento de Chiriquí, Panamá; localizado 8°23'15.12" latitud norte y 82°19'47.48" longitud oeste, y con una elevación de 26msnm. La temperatura ambiente y humedad relativa promedio máxima durante la fase experimental fueron de 31.4 °C y 90.2%, y la mínima de 23.7 °C y 44%.

Los tratamientos dietéticos evaluados fueron: control positivo; CP) formulado para suplir los requerimientos nutricionales establecidos por la NRC, (2012); control negativo; CN) formulada con una reducción del 8% del requerimiento de lisina digestible y 5% de proteína cruda total según lo requerido por la etapa productiva; PZ) similar a CN, más la adición de 1600 ppm de zinc, como óxido de zinc, durante la fase 1 (14 días) y 1500 ppm durante la fase 2 (14 días). En la fase 3 (14 días), los cerdos fueron alimentados con una dieta común sin reducciones proteicas y sin la inclusión de óxido de zinc (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición porcentual y contenido nutricional calculado de las dietas experimentales.

Ingredientes	Fase 1			Fase 2			Fase 3
	CP	CN	PZ	CP	CN	PZ	
Maíz	50.85	55.56	53.15	53.25	58.27	55.94	53.25
Soya	35.96	31.1	31.13	33.53	28.49	28.58	33.53
Pul. de Arroz	2.44	2.44	4.6	4.57	4.57	5.94	4.57
Melaza	2.45	2.41	2.05	2.4	2.2	2.51	2.4
Aceite de Palma	4.83	4.8	4.98	3.16	3.15	3.44	3.16
Sal	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
Fosfato M-diCa	1.49	1.56	1.56	1.25	1.38	1.36	1.25
CaCO <sub>3</sub>	0.98	1	1	0.85	0.85	0.84	0.85
Premix Vit-Min	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
ZnO	0	0	0.4	0	0	0.3	0
L- Lisina	0.27	0.27	0.27	0.19	0.19	0.19	0.19
DL-Metionina	0.09	0.11	0.11	0.07	0.09	0.09	0.07
L-Treonina	0.01	0.09	0.09	0	0.08	0.08	0
Myco-AD A-Z	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Contenido Nutricional	Fase 1			Fase 2			Fase 3
	CP	CN	PZ	CP	CN	PZ	
MS	87	87	87	87.1	87.1	87.1	87.1
EM (Kcal/Kg)	3400.1	3400.9	3400.9	3350.9	3350.7	3350.0	3350.9
PC, %	21	19.2	19.2	20.1	18.2	18.2	20.1
Ca, %	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
P disp, %	0.65	0.65	0.65	0.6	0.6	0.6	0.6
ZnO, (ppm)	137.95	137.49	2009.4	137.58	137	1540.9	136.58
L- Lisina	1.35	1.22	1.22	1.23	1.1	1.1	1.23
DL-Metionina	0.39	0.39	0.39	0.36	0.36	0.36	0.36
L- Treonina	0.79	0.79	0.79	0.75	0.75	0.75	0.75
FDN	8.77	8.64	8.63	8.96	8.86	8.83	8.79
FDA	3.15	2.97	2.97	3.13	2.95	2.95	3.13

El peso de los cerdos y el sexo de los cerdos por cada corral fueron balanceados con la finalidad de evitar la jerarquía social y tratar de asegurar el consumo de alimento de una manera más homogénea en cada corral. Todos los cerdos utilizados fueron tratados con los mismos protocolos de sanidad y manejo.

El peso corporal de cada cerdo fue medido al inicio del experimento (d0) y al final de cada fase (día 14, 28 y 42) para determinar la ganancia de peso promedio diaria (kg/día). Similarmente, el alimento no consumido del comedero fue pesado al final de cada fase para determinar el consumo de alimento promedio por día (kg/día). Ambos valores (ganancia de peso y consumo de alimento diario) fueron utilizados para determinar la eficiencia de la alimentación.

Un cerdo con el peso más cercano al promedio del peso de todos los cerdos de cada corral fue utilizado para coleccionar una muestra de sangre vía vena yugular y almacenada en un tubo de 2 ml K2-EDTA (BD Vacutainer, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ) al inicio del experimento y al final de cada fase. Las muestras de sangre se procesaron entre 2-4 horas luego de la colección para determinar la diferenciación leucocitaria y el conteo total de eritrocitos de la sangre a través de un sistema de análisis hematológico (Mindray, BC-2800Vet, China). Se coleccionaron muestras fecales al inicio del experimento y al final de cada fase para determinar el porcentaje de materia seca fecal. Las heces fueron recolectadas mediante estimulación anal con un hisopo esterilizado, y descartando la porción inicial de la excreta. Las muestras fecales fueron secadas en un horno (Horno de convección mecánica Yamato DKN810, New York, USA.) por 72 horas.

Las dietas experimentales fueron pre secadas en un horno de convección mecánica a 60°C por 72 horas (Yamato DKN810, New York, USA) y molidas a un tamaño de partícula de 1 mm (Restsch GmbH & Co., Alemania) para posterior análisis del contenido nutricional. Las muestras de alimento fueron colocadas en un horno a 105°C por 24 horas (40GC Lab. Oven; Quincy Lab. Inc.; IL, USA) para determinar el porcentaje de materia seca, y luego en un horno a 600°C por 3 horas (Thermolyne, Thermo Scientific, NC, USA) para la determinación de cenizas. Los niveles de minerales (Ca, P y Zinc) fueron determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica (Analytik Jena -nov 400P, Alemania), mientras que el nitrógeno fue analizado a través de la metodología de Kjeldahl (Velp Scientifica, Alemania). Los análisis de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA) fueron realizados en el equipo de ANKOM Tech. (Ankom Technology, NY, USA), basados en el método de Goering y Van Soest (1970). Se determinó la digestibilidad de la materia seca (DMS) en base a la ecuación:  $\% \text{ DMS} = 88.9 - (\% \text{ FDA} \times 0.779)$ , para su posterior uso en la determinación de la energía metabolizable mediante la ecuación de predicción:  $\text{EM} = 3.61 \times \text{DMS}$ .

**Tabla 2.** *Contenido nutricional determinado de las dietas experimentales*

Contenido Nutricional	Fase 1			Fase 2			Fase 3
	CP	CN	PZ	CP	CN	PZ	
MS	87.44	89.0	89.0	87.4	87.1	88.3	87.4
EM (Kcal/Kg)	3076.6	3152.0	3077.9	3061.9	3065.6	3081.1	3061.9
PC, %	19.2	19.4	18.2	21.1	20.9	19.9	20.1
Ca, %	0.51	0.48	0.49	0.43	0.48	0.60	0.43
P, %	0.43	0.46	0.49	0.43	0.46	0.49	0.43
ZnO, (ppm)	71.45	88.4	1641.0	76.78	75.56	1561.9	76.78
FDN	14.4	13.4	18.5	17.5	14.5	16.0	17.5
FDA	4.7	3.7	4.7	5.3	5.1	4.5	5.3

Todos los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 2021 para su procesamiento. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.3®, y los gráficos fueron realizados mediante Graph Pad Prism V.8.0.2 (San Diego, CA, USA). Se utilizó un diseño completamente al azar, y las medias fueron contrastadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias. Estadísticamente, valores de  $P < 0.05$  fueron considerado como diferencias, mientras que valores de  $P < 0.10$  como una tendencia a diferir.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cerdos alimentados con la dieta PZ tuvieron una mayor ganancia de peso diario (GDP) y consumo diario de alimento (CDA) durante la fase 1 y la fase 1-2 conjugada en comparación con los cerdos alimentados con la dietas CP o CN ( $P < 0.05$ ; Tabla 3). Dichos resultados soportan la respuesta obtenida en cuanto al peso corporal, donde los cerdos alimentados con la dieta PZ lograron un mayor peso final (PF) por cada fase en comparación al resto de los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Durante la fase 3 (días 29-42), no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el CDA ni la GDA entre tratamientos. Los cerdos alimentados con la dieta PZ tuvieron una mejor eficiencia de alimentación (EA) que el resto de los tratamientos ( $P < 0.05$ ) en la fase 1 y una tendencia ( $P < 0.10$ ) en la fase 1-2 conjugadas. Sin embargo, en la fase final, todos los cerdos mostraron EA similares ( $P > 0.05$ ).

Hubo diferencias significativas en el porcentaje de materia seca fecal, con mejor consistencia fecal en aquellos cerdos alimentados con PZ ( $\text{Trt} \times \text{Día} = P < 0.05$ ; Figura 1).

En cuanto al perfil hematológico (Tabla 4), No hubo diferencias entre tratamientos en cuanto a la concentración de hemoglobina (HGB), sin embargo, hubo tendencia a una interacción ( $\text{Trt} \times \text{Día} P < 0.10$ , Figura 2), donde los cerdos alimentados con la dieta PZ, mostraron una reducción significativa de HGB al final de la segunda fase, y luego mejorando sus niveles al final del estudio (d 42).

Referente al perfil leucocitario, los cerdos alimentados con PZ tuvieron un mayor porcentaje de linfocitos, un menor porcentaje de monocitos y de relación neutrófilo: linfocito (N:L) en comparación a los cerdos suplementados con las dietas CP y CN ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 3.** Efectos de la suplementación de niveles farmacológicos de óxido de zinc sobre el desempeño productivo de cerdos durante la etapa de inicio.

	Tratamientos <sup>+</sup>			SEM <sup>*</sup>	Pr > F
	CP	CN	PZ		Trt
Peso, Kg					
d 0	7.371 <sup>a</sup>	7.330 <sup>a</sup>	7.521 <sup>a</sup>	0.266	0.871
d 14	8.410 <sup>a</sup>	8.187 <sup>a</sup>	9.789 <sup>b</sup>	0.448	0.037
d 28	14.374 <sup>a</sup>	14.311 <sup>a</sup>	16.933 <sup>b</sup>	0.592	0.032
d 42	22.993 <sup>a</sup>	22.802 <sup>a</sup>	24.757 <sup>b</sup>	0.472	0.048
GDP <sup>1</sup> , Kg					
F1	0.061 <sup>a</sup>	0.042 <sup>a</sup>	0.162 <sup>b</sup>	0.017	0.005
F2	0.426 <sup>a</sup>	0.437 <sup>a</sup>	0.510 <sup>a</sup>	0.024	0.094
F3	0.616 <sup>a</sup>	0.606 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>	0.027	0.357
F1-2	0.244 <sup>a</sup>	0.240 <sup>a</sup>	0.336 <sup>b</sup>	0.010	0.001
F1-3	0.367 <sup>a</sup>	0.362 <sup>a</sup>	0.411 <sup>b</sup>	0.008	0.0126
CDA <sup>2</sup> , Kg					
F1	0.124 <sup>a</sup>	0.089 <sup>a</sup>	0.242 <sup>b</sup>	0.021	0.005
F2	0.608 <sup>a</sup>	0.618 <sup>a</sup>	0.655 <sup>a</sup>	0.012	0.065
F3	0.877 <sup>a</sup>	0.892 <sup>a</sup>	0.844 <sup>a</sup>	0.042	0.721
F1-2	0.367 <sup>a</sup>	0.354 <sup>a</sup>	0.448 <sup>b</sup>	0.010	0.001
F1-3	0.537 <sup>a</sup>	0.533 <sup>a</sup>	0.580 <sup>a</sup>	0.014	0.098
EA <sup>3</sup> , %					
F1	49.194 <sup>a</sup>	47.191 <sup>a</sup>	66.942 <sup>b</sup>	4.014	0.028
F2	70.066 <sup>a</sup>	70.712 <sup>a</sup>	77.863 <sup>a</sup>	3.1427	0.227
F3	70.239 <sup>a</sup>	67.937 <sup>a</sup>	66.232 <sup>a</sup>	3.7224	0.796
F1-2	66.485 <sup>a</sup>	67.797 <sup>a</sup>	75.000 <sup>a</sup>	2.43	0.090
F1-3	68.343 <sup>a</sup>	67.917 <sup>a</sup>	70.862 <sup>a</sup>	1.9747	0.612

<sup>1</sup>Ganancia diaria de alimento, <sup>2</sup>Consumo diario de alimento, <sup>3</sup>Eficiencia de alimentación.

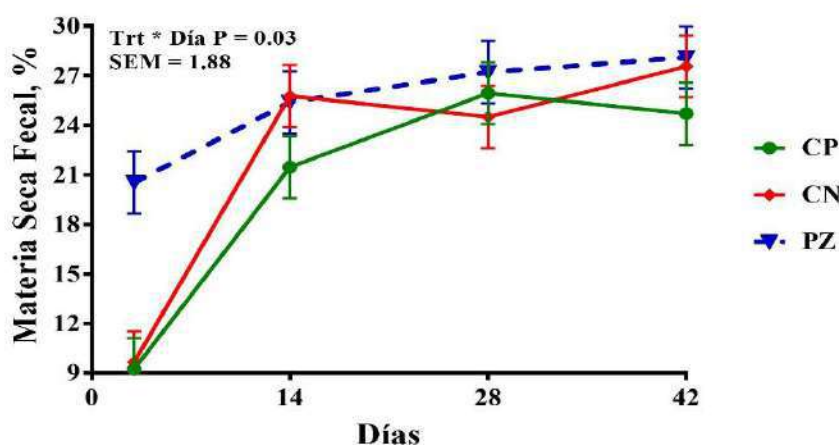
Fases: F1 (día 0-14); F2 (día 15-28); F3 (día 29-42); F1-2 (día 0-28); F1-3( día 0-42); \*Error estándar de la media <sup>+</sup>Tratamientos: CP: Formulada en base a la NRC, (2012); CN: Reducción de proteína y lisina; PZ: Como CN, más adición de ZnO.

El zinc, como oligoelemento, apoya importantes funciones en el organismo animal, influyendo en el crecimiento, la inmunidad, el desarrollo y la reproducción (Haase y Rink, 2014). El mismo, está envuelto en más de 2,800 macromoléculas y 300 reacciones enzimáticas envueltas en funciones relacionadas a factores de transcripción, regulación hormonal y expresión génica (Andreini y Bertini, 2012; Grüngreiff *et al.*, 2020; Hambidge *et al.*, 2000). Su deficiencia ha sido ampliamente relacionada con problemas digestivos tales

como cánceres estomacales, úlceras y diarreas en humanos (Skrovaneck, 2014), y en animales de laboratorio (Kirchhoff *et al.*, 2011). En este estudio, la suplementación de NEZ mejoró la ganancia de peso en cerdos durante la etapa de inicio, obteniendo pesos finales mayores a aquellos suplementados con niveles estándares de zinc. Resultados similares a los obtenidos, en cuanto a ganancia de peso, fueron reportados por Szuba-trznadel *et al.* (2021) con la única diferencia que, los mismos utilizaron el doble del nivel de zinc (3,000 ppm) en comparación al nivel utilizado en este estudio (1,500 ppm). Adicionalmente, Mavromichalis *et al.* (2000) como también Han y Thacker (2009) reportaron ganancias de peso similares a las encontradas en este experimento durante los primeros 14 días post destete con la suplementación de 1500 ppm zinc. Interesantemente, este último obtuvo mejores resultados con la suplementación de 2,500 ppm de zinc, difiriendo de otros estudios, los cuales establecen resultados productivos similares una vez la suplementación de zinc superan las 1,500 ppm (Hill *et al.*, 2001; Mavromichalis *et al.*, 2000).

Ha sido ampliamente reportado que los compuestos de zinc mejoran sustancialmente el funcionamiento del tracto digestivo en cerdos a través del aumento del grosor de la mucosa (Hung *et al.*, 2020), la altura de las vellosidades (Jian y Ho, 2018; Pei *et al.*, 2018), la relación altura de vellosidades: profundidad de la crypta (Jian y Ho, 2018; Pei *et al.*, 2018), la actividad de las enzimas digestivas (Pieper *et al.*, 2011), y la regulación de microorganismos (Lee, 2018; Wei *et al.*, 2020). Dichas evidencias en conjunto fortalecen la histología intestinal y salud digestiva en cerdos durante el primer mes post destete, ofreciendo las condiciones digestivas ideales para mejorar la digestibilidad y utilización de nutrientes, y así logrando mejores ganancias de pesos, incluso cuando son alimentados con dietas reducidas en proteínas y lisina, como lo evidenciado en estos resultados.

Reducción de niveles de proteína cruda de la dieta durante las primeras semanas post destete ha sido contemplada como una estrategia nutricional para evitar desórdenes digestivo (Heo *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2007). El cerdo evidencia una baja capacidad de utilización de fuentes proteicas de origen vegetal durante el periodo de transición lactancia-destete, lo que da cabida a la proliferación de bacterias no benéficas, como la *Escherichia coli* y *Clostridium*, que aprovechan para su desarrollo las fuentes nitrogenadas que escapan de la zona de absorción nutricional, dando lugar al síndrome de diarrea post destete (SDP) (Kim *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Efectos de la suplementación de niveles farmacológicos de óxido de zinc sobre el porcentaje de materia seca fecal en cerdos durante la etapa de inicio.



En este estudio, se redujo los niveles de proteína cruda como control negativo para evaluar la respuesta compensatoria estimulada por el zinc con niveles deficientes de proteína y lisina como primer aminoácido limitante en cerdos. Interesantemente, los cerdos alimentados con PZ mantuvieron el mayor porcentaje de materia seca fecal y tuvieron un incremento progresivo a lo largo del estudio, contrariamente a lo obtenido en aquellos cerdos alimentados con altos niveles de proteína cruda y sin inclusión de ZnO (CP), los cuales mostraron cuadros de diarrea (Figura N°1). En cerdos destetados, la consistencia fecal es un indicador de diarrea (Pedersen y Strunz, 2013), y esta es causada principalmente por bacterias oportunistas que se adhieren al epitelio intestinal, produciendo endotoxinas que causan inflamaciones y reducciones de la capacidad de absorción de líquidos y disminuye la utilización de nutrientes dietéticos (Dubreuil *et al.*, 2016). El fortalecimiento e incremento del grosor de la mucosa intestinal que genera el zinc posiblemente reduce la capacidad de adhesión de las bacterias patógenas al epitelio intestinal, evitando su efecto tóxico, reduciendo la incidencia de diarrea, y así manteniendo mayores porcentajes de materia seca en heces.

**Tabla 4.** Efectos de la suplementación de niveles farmacológicos de óxido de zinc sobre el perfil hematológico en cerdos durante la etapa de inicio.

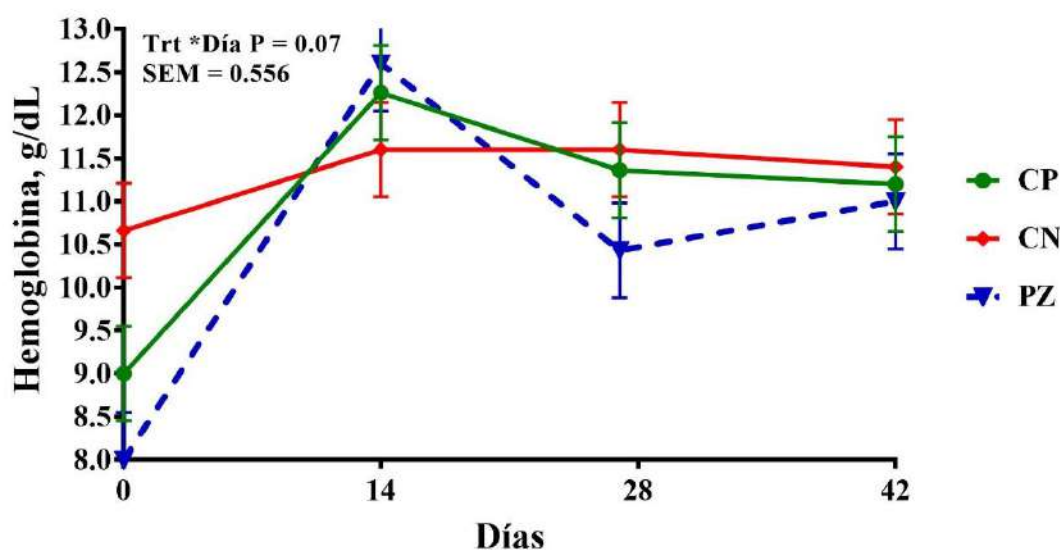
Parámetros <sup>1</sup>	Tratamientos				Pr > F		
	CP	CN	PZ	SEM	Trt	Día	Trt*Día
RBC, x106/ $\mu$ L	6.45 <sup>a</sup>	6.72 <sup>a</sup>	7.16 <sup>a</sup>	0.308	0.274	0.015	0.779
HGB, g/dL	10.67 <sup>a</sup>	11.31 <sup>a</sup>	10.50 <sup>a</sup>	0.556	0.110	< 0.001	0.070
HCT, %	33.96 <sup>a</sup>	33.52 <sup>a</sup>	34.42 <sup>a</sup>	1.294	0.116	0.887	0.987
MCV, fL	53.38 <sup>a</sup>	50.79 <sup>a</sup>	49.11 <sup>a</sup>	1.357	0.103	0.001	0.695
MCH, pg	16.63 <sup>a</sup>	16.27 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	0.468	0.185	<0.001	0.512
MCHC, g/dL	31.2 <sup>a</sup>	32.1 <sup>a</sup>	31.37 <sup>a</sup>	0.3	0.101	<0.0001	0.219
RDW, %	21.62 <sup>a</sup>	21.27 <sup>a</sup>	22.75 <sup>a</sup>	1.403	0.742	0.027	0.744
PLT, x103/ $\mu$ L	317.25 <sup>a</sup>	393.00 <sup>a</sup>	429.17 <sup>a</sup>	41.707	0.175	0.085	0.524
WBC, x103/ $\mu$ L	16.16 <sup>a</sup>	15.33 <sup>a</sup>	18.45 <sup>a</sup>	1.332	0.250	0.018	0.188
Linfocitos, %	50.08 <sup>a</sup>	50.25 <sup>a</sup>	55.66 <sup>b</sup>	1.736	0.052	< 0.0001	0.925
Monocitos, %	6.17 <sup>a</sup>	5.08 <sup>a</sup>	4.33 <sup>b</sup>	0.454	0.029	0.297	0.148
Neutrófilos, %	41.75 <sup>a</sup>	42.66 <sup>a</sup>	37.5 <sup>a</sup>	1.819	0.122	0.0002	0.325
Eosinófilos, %	2.0833 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	2.66 <sup>a</sup>	0.622	0.714	0.066	0.160
N:L	87.86 <sup>a</sup>	84.61 <sup>a</sup>	68.61 <sup>b</sup>	5.34	0.014	<0.0001	0.242

<sup>1</sup>RBC: Células rojas de la sangre; HGB: hemoglobina; HCT: hematocrito; MCV: volumen corpuscular medio; MCH: volumen corpuscular de la hemoglobina; MCHC: Concentración de la hemoglobina corpuscular media; RDW: Distribución de las células rojas; PLT: plaquetas; WBC: Células blancas de la sangre; N:L: relación neutrófilo linfocito.

Cerdos lactantes tienden a desarrollar anemia por varios factores en conjunto, entre ellos la poca capacidad de almacenamiento de hierro, pobre niveles de hierro en la leche materna,

como también por la rápida tasa de crecimiento de las nuevas líneas genéticas comerciales (Estienne *et al.*, 2019). Sin embargo, cerdos con niveles adecuados de hemoglobina al destete tienden a sufrir de anemia durante la tercera semana post destete debido al bajo consumo de alimento que experimentan durante la primeras semanas, el consumo excesivo de zinc (Seip *et al.*, 2020), o por el número inadecuado de dosificaciones de hierro dextrano durante la lactancia (Heidbüchel *et al.*, 2019).

El 22% de los cerdos utilizados en el experimento reportaron anemia al destete, sin embargo incrementaron sus concentraciones de hemoglobinas a niveles estables a los 14 días post destete, y viéndose reducido al día 28 solamente en aquellos cerdos suplementados con PZ (Figura 2). Los resultados de este estudio coinciden con los reportados por Perri *et al.* (2016), donde los niveles de hemoglobina se vieron drásticamente reducidos luego de 21 días post destete en cerdos alimentados con NEZ. Sin embargo, los niveles de hemoglobina en este experimento se redujeron, pero no a la concentración categorizada como anemia (CP:11.36 g/dL; CN: 11.6 g/dL; PZ: 10.43 g/dL).



**Figura 2.** Efectos de la suplementación de niveles farmacológicos de óxido de zinc sobre la concentración de hemoglobina en cerdos durante la etapa de inicio.

Estudios reportan reducciones en la síntesis de DMT1, cotransportador de Fe, Zn, y Cu; una vez haya presencia de desbalances entre estos minerales (Arredondo *et al.*, 2006; Yamaji *et al.*, 2001). La suplementación elevada de zinc (+ 16 y 15 veces en F1 y F2, respectivamente) en este estudio, en comparación a lo requerido por el cerdo durante la etapa de inicio (100 ppm; NRC, 2012), pudo haber generado un efecto antagónico e interferido en el transporte del hierro a través de los enterocitos, reduciendo la capacidad de utilización del hierro dietético, y así contribuyendo a la persistencia de anemia en la parte final del primer mes post destete. Interesantemente, durante la fase 3, cuando se retiró el suministro ZnO de los cerdos del tratamiento PZ, los niveles de hemoglobina tendieron a incrementar, logrando concentraciones normales similares a los cerdos que no habían sido suplementados con NEZ en las fases previas, viéndose reflejado el efecto modulador del zinc en el perfil de hemoglobina en cerdos. A pesar de que los cerdos alimentados con PZ mostraron mayores

desbalances en hemoglobina, los niveles se mantuvieron dentro de rangos adecuados, y los mismo mostraron la mejor respuesta productiva a lo largo del estudio.

Hojyo y Fukada (2016) reportan que existe una alta demanda de moléculas de zinc para la activación del sistema inmune adaptativo. Tanto las células T (linfocitos T), sintetizadas en el hueso y maduras en el timo, como también las células B (linfocitos B), desarrolladas inicialmente en las células del estroma del hueso, son las responsables de la inmunidad humoral y juegan un rol de acción rápida en la respuesta inmunitaria. En este estudio, los cerdos alimentados con PZ mostraron un aumento del 5% de linfocitos en comparación a los demás tratamientos. Existe basta evidencia científica de estudios en ratones (Fraker, 2005; King *et al.*, 2005), humanos (Oleske *et al.*, 1979), como también en cerdos (Miller *et al.*, 1968) indican que la deficiencia de zinc reduce el conteo de linfocitos T, y sus niveles pueden ser regulados con incrementos en la suplementación de zinc. La reducción en linfocitos T está soportado en primera instancia por una reducción en el tamaño del tejido epitelial del timo, como también en reducciones en la síntesis de timulina, moléculas dependientes de zinc para su actividad biológica y nanopéptido encargado de la diferenciación, maduración y actividad de linfocitos T (Hojyo y Fukada, 2016). La suplementación elevada de zinc pudo haber estimulado la síntesis de timulina y ejercido un efecto en el crecimiento en el tejido epitelial del timo, logrando así un incremento en el conteo de linfocitos maduros en el sistema. Es importante mencionar que a pesar de que se obtuvo un aumento en el porcentaje de linfocitos en los cerdos alimentados con la dieta PZ, los cerdos sometidos a diferentes tratamientos mantuvieron el porcentaje de linfocitos dentro del rango establecido como ideal (Tabla 4).

Como es conocido, los neutrófilos y los linfocitos tienen funciones importantes en la defensa inmunitaria contra los patógenos. Los neutrófilos están estrechamente relacionados con las respuestas inflamatorias (Malech *et al.*, 2020) mientras que los linfocitos actúan como mediadores que ayudan a regular el sistema inmunitario (Cantor, 1980). Curiosamente, la interacción de estas 2 células inmunitarias, definida como Relación Neutrófilo:Linfocito (RNL), ha sido descrita como un indicador que está estrechamente relacionado con la inflamación sistémica y estrés causada por un estado de salud comprometido (Imtiaz, 2012). Los resultados en este estudio mostraron que la RNL disminuyó en aquellos cerdos alimentados con PZ, mientras que los cerdos alimentados sin niveles farmacológicos de ZnO (CP y CN) tuvieron RNL mayores y estos se correlacionaron inversamente con la ganancia diaria de peso. Nuestros resultados coincidieron con los observados por Wei *et al.* (2020) donde la suplementación de NEZ redujo la RNL en lechones destetados. La suplementación de una dieta rica en zinc pudo haber ayudado a regular el sistema inmunitario y minimizar el estrés en lechones destetados, permitiéndoles una mejor utilización de los nutrientes para el aumento de peso.

## **CONCLUSIONES**

La suplementación de niveles farmacológicos de zinc (1,600-1,500 ppm) mejora la ganancia de peso, reduce la incidencia de diarrea y estimula el perfil leucocitario en cerdos alimentados con perfiles reducidos de proteína y lisina durante el primer mes post destete.

## REFERENCIAS

- Andreini, C., & Bertini, I. (2012). A bioinformatics view of zinc enzymes. *Journal of Inorganic Biochemistry*, *111*, 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2011.11.020>
- Arredondo, M., Martínez, R., Núñez, M., Ruz, M., & Olivares, M. (2006). Inhibition of iron and copper uptake by iron, copper and zinc. *Biol Res*, *39*, 95–102.
- Boudry, G., Péron, V., Le, I., Lallès, J., & Sève, B. (2004). Weaning induces both transient and long-lasting modifications of absorptive, secretory, and barrier properties of piglet intestine. *Journal of Nutrition*, *134*(9), 2256–2262. <https://doi.org/10.1093/jn/134.9.2256>
- Cantor H. (1980). Regulation of the Immune System by Lymphocyte Sets: Analysis in Animal Models. *Clin Immunobiol*, *4*:89–98.
- Campbell, J. M., Crenshaw, J. D., & Polo, J. (2013). The biological stress of early weaned piglets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *4*(1), 2–5. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-19>
- Collins, C., Pluske, J., Morrison, R., McDonald, T., Smits, R., Henman, D., Stensland, I., & Dunshea, F. (2017). Post-weaning and whole-of-life performance of pigs is determined by live weight at weaning and the complexity of the diet fed after weaning. *Animal Nutrition*, *3*(4), 372–379. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.01.001>
- de Lange, C., Pluske, J., Gong, J., & Nyachoti, C. (2010). Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*, *134*(1–3), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.117>
- Dubreuil, J., Issacson, R., & Schifferli, D. (2016). Animal Enterotoxigenic Escherichia Coli. *HHS Public Access*, *7*(1). <https://doi.org/10.1128/ecosalplus>.
- Estienne, M., Clark, S., y Williams, K. A. (2019). Growth performance and hematology characteristics in pigs treated with iron at birth and weaning and fed a nursery diet supplemented with a pharmacological level of zinc oxide. *Journal of Swine Health and Production*, *27*(2), 64–75.
- Fraker, P. (2005). Roles for Cell Death in Zinc Deficiency. *The Journal of Nutrition*, *135*(3), 359–362.
- Gan, Z., Wei, W., Li, Y., Wu, J., Zhao, Y., Zhang, L., Wang, T., y Zhong, X. (2019). Curcumin and resveratrol regulate intestinal bacteria and alleviate intestinal inflammation in weaned piglets. *Molecules*, *24*(7). <https://doi.org/10.3390/molecules24071220>
- Goering, M., y Van Soest, P. (1970). Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricul-tural Handbook No. 379*, USDA, Washington DC.

- Gresse, R., Chaucheyras, F., Fleury, M., Van, T., Forano, E., y Blanquet, S. (2017). Gut Microbiota Dysbiosis in Postweaning Piglets: Understanding the Keys to Health. *Trends in Microbiology*, 25(10), 851–873. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.05.004>
- Grüngreiff, K., Gottstein, T., y Reinhold, D. (2020). Zinc deficiency—an independent risk factor in the pathogenesis of haemorrhagic stroke? *Nutrients*, 12(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/nu12113548>
- Haase, H., y Rink, L. (2014). Zinc signals and immune function. *BioFactors*, 40(1), 27–40. <https://doi.org/10.1002/biof.1114>
- Hambidge, M., Cousins, R., y Costello, R. (2000). Zinc and health: Current status and future directions: Introduction. *Journal of Nutrition*, 130(5 SUPPL.).
- Han, Y., y Thacker, P. (2009). Performance, nutrient digestibility and nutrient balance in weaned pigs fed diets supplemented with antibiotics or zinc oxide. In *Journal of Animal and Veterinary Advances* (Vol. 8, Issue 5, pp. 868–875). <https://doi.org/10.3923/javaa.2009.868.875>
- Heidbüchel, K., Raabe, J., Baldinger, L., Hagmüller, W., y Bussemas, R. (2019). One iron injection is not enough—iron status and growth of suckling piglets on an organic farm. *Animals*, 9(9), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani9090651>
- Heo, J., Kim, J., Hansen, C., Mullan, B., Hampson, D., Pluske, J., Kim, J., Hansen, C., y Mullan, B. (2008). Effects of feeding low protein diets to piglets on plasma urea nitrogen, faecal ammonia nitrogen, the incidence of diarrhoea and performance after weaning. *Archives of Animal Nutrition*, 62(5), 343–358. <https://doi.org/10.1080/17450390802327811>
- Hill, G., Mahan, D., Carter, S., Cromwell, G., Ewan, R., Harrold, R., Lewis, A., Miller, P., Shurson, G., Veum, T., Cline, T., Crenshaw, T., Hollis, G., Libal, G., Nelssen, J., Yen, J., y Layman, D. (2001). Effect of pharmacological concentrations of zinc oxide with or without the inclusion of an antibacterial agent on nursery pig performance. *Journal of Animal Science*, 79(4), 934–941. <https://doi.org/10.2527/2001.794934x>
- Hojyo, S., & Fukada, T. (2016). Roles of Zinc Signaling in the Immune System. *Journal of Immunology Research*, 1-9. Doi: 10.1155/2016/6762343
- Hung, Y., Hu, Q., Faris, R., Guo, J., Urriola, P., Shurson, G., Chen, C., & Saqui, M. (2020). Analysis of Gastrointestinal Responses Revealed Both Shared and Specific Targets of Zinc Oxide and Carbadox in Weaned Pigs. *Antibiotics*, 9, 463. doi:10.3390/antibiotics9080463
- Intiaz, F., Shafique, K., Mirza, S., Ayoob, Z., Vart, P., & Rao, S. (2012). Neutrophil lymphocyte ratio as a measure of systemic inflammation in prevalent chronic diseases in Asian population. *Int Arch Med*, 5(2).

- Jian, X., & Ho, I. (2018). Low dose of coated zinc oxide is as effective as pharmacological zinc oxide in promoting growth performance, reducing fecal scores, and improving nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 245(May), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.06.011>
- Kim, J., Mullan, B., Hampson, D., & Pluske, J. (2007). Addition of oat hulls to an extruded rice-based diet for weaner pigs ameliorates the incidence of diarrhoea and reduces indices of protein fermentation in the gastrointestinal tract. *British Journal of Nutrition*, 99, 1217–1225. <https://doi.org/10.1017/S0007114507868462>
- King, L., Frentzel, J., Mann, J., & Fraker, P. (2005). Chronic Zinc Deficiency in Mice Disrupted T Cell Lymphopoiesis and Erythropoiesis While B Cell Lymphopoiesis and Myelopoiesis Were Maintained. *Journal of the American College of Nutrition*, 24(6), 494–502. <https://doi.org/10.1080/07315724.2005.10719495>
- Kirchhoff, P., Socrates, T., Sidani, S., Duffy, A., Breidhardt, T., Grob, C., Viehl, C., Beglinger, C., Oertli, D., & Geibel, J. P. (2011). Zinc Salts Provide a Novel, Prolonged and Rapid Inhibition of Gastric Acid Secretion. *Am J Gastroenterol*, 106, 62–71. <https://doi.org/10.1038/ajg.2010.327>
- Lee, S. R. (2018). Critical Role of Zinc as Either an Antioxidant or a Prooxidant in. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2018/9156285>
- Liu, Y., Huang, J., Hou, Y., Zhu, H., Zhao, S., Ding, B., Yin, Y., Yi, G., Shi, J., & Fan, W. (2008). Dietary arginine supplementation alleviates intestinal mucosal disruption induced by Escherichia coli lipopolysaccharide in weaned pigs. *British Journal of Nutrition*, 100(3), 552–560. <https://doi.org/10.1017/S0007114508911612>
- Malech, R; DeLeo, F; & Quinn, M. (2020). The Role of Neutrophils in the Immune System: An Overview. *Methods Mol Biol*, 3(10). [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0154-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0154-9_1).
- Mavromichalis, I., Peter, G., Parr, T., Ganessunker, D, & Baker, D. (2000). Growth-promoting efficacy in young pigs of two sources of zinc oxide having either a high or a low bioavailability of zinc. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2896–2902. <https://doi.org/10.2527/2000.78112896x>
- Miller, E., Luecke, R., Ullrey, D., Baltzer, B., Bradley, B., & Hoefler, J. (1968). Biochemical, skeletal and allometric changes due to zinc deficiency in the baby pig. *The Journal of Nutrition*, 95(2), 278–286. <https://doi.org/10.1093/jn/95.2.278>
- NRC, 2012. Nutritional requirements of swine. 11th edition. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Oleske, J., Westphal, M., Shore, S., Gorden, D., Bogden, J., & Nahmias, A. (1979). Zinc Therapy of Depressed Cellular Immunity in Acrodermatitis Enteropathica: Its Correction. *American Journal of Diseases of Children*, 133(9), 915–918. <https://doi.org/10.1001/archpedi.1979.02130090043007>

- Pedersen, K., & Strunz, A. (2013). Evaluation of farmers' diagnostic performance for detection of diarrhoea in nursery pigs using digital pictures of faecal pools. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 55(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-72>
- Perri AM, Friendship RM, Harding JCS and O'Sullivan TL 2016. An investigation of iron deficiency and anemia in piglets and the effect of iron status at weaning on post-weaning performance. *Journal of Swine Health and Production* 24,10–20.
- Pei, X., Xiao, Z., Liu, L., Wang, G., Tao, W., Wang, M., & Leng, D. (2018). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on growth performance, zinc status, intestinal morphology, microflora population, and immune response in weaned pigs. *J Sci Food Agric*, 99, 1366–1374. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9312>
- Pieper, R., Vahjen, W., Neumann, K., & Zentek, A. (2011). Dose-dependent effects of dietary zinc oxide on bacterial communities and.pdf. *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(2012), 825–833. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01231.x>
- Rhouma, M., Fairbrother, J., Beaudry, F., & Letellier, A. (2017). Post weaning diarrhea in pigs: Risk factors and non-colistin-based control strategies. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0299-7>
- Seip, V., Friendship, R., Amezcua, R., & Farzan, A. (2020). The relationship between hemoglobin levels at weaning and growth performance and antibody response in nursery pigs. *Can Vet J*, 61, 1170–1174.
- Skrovanek, S. (2014). Zinc and gastrointestinal disease. *World Journal of Gastrointestinal Pathophysiology*, 5(4), 496. <https://doi.org/10.4291/wjgp.v5.i4.496>
- Szuba-trznadel, A., Rz, A., Hikawczuk, T., & Fuchs, B. (2021). Effect of Zinc Source and Level on Growth Performance and Zinc Status of Weaned Piglets. *Animals*, 11(7), 1–10. [10.3390/ani11072030](https://doi.org/10.3390/ani11072030)
- Walk, C., Wilcock, P., & Magowan, E. (2015). Evaluation of the effects of pharmacological zinc oxide and phosphorus source on weaned piglet growth performance, plasma minerals and mineral digestibility. *Animal*, 9(7), 1145–1152. <https://doi.org/10.1017/S175173111500035X>
- Wei, X., Tsai, T., Knapp, J., Bottoms, K., Deng, F., Story, R., Maxwell, C., & Zhao, J. (2020). ZnO modulates swine gut microbiota and improves growth performance of nursery pigs when combined with peptide cocktail. *Microorganisms*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020146>
- Wensley, M., Tokach, M., Woodworth, J., Goodband, R., Gebhardt, J., DeRouchey, J. M., & McKilligan, D. (2021). Maintaining continuity of nutrient intake after weaning. II. Review of post-weaning strategies. *Translational Animal Science*, 5(1), 1–16. <https://doi.org/10.1093/tas/txab022>

- Wijtten, P., Meulen, J. Van Der, & Verstegen, M. (2011). Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning: A review. *British Journal of Nutrition*, *105*(7), 967–981. <https://doi.org/10.1017/S0007114510005660>
- Xia, T., Lai, W., Han, M., Han, M., Ma, X., & Zhang, L. (2017). Dietary ZnO nanoparticles alters intestinal microbiota and inflammation response in weaned piglets. *Oncotarget*, *8*(39), 64878–64891. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.17612>
- Yamaji, S., Tennant, J., Tandy, S., Williams, M., Kaila, S., Srail, S., & Y, P. S. (2001). Zinc regulates the function and expression of the iron transporters DMT1 and IREG1 in human intestinal Caco-2 cells. *FEBS Letters*, *507*, 137–141.
- Zhang, B., & Guo, Y. (2009). Supplemental zinc reduced intestinal permeability by enhancing occludin and zonula occludens protein-1 (ZO-1) expression in weaning piglets. *British Journal of Nutrition*, *102*(5), 687–693. <https://doi.org/10.1017/S0007114509289033>



## RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E INFLUENCIA DE DIFERENTES PATRONES DE SIEMBRA DEL PASTO *Pennisetum purpureum* CV. ELEFANTE CARAJÁS

### YIELD AND CHEMICAL CHARACTERISTICS AND INFLUENCE OF DIFFERENT PLANTING PATTERNS OF PASTURE *Pennisetum purpureum* CV. ELEFANTE CARAJÁS

Edgar Alexis Polo Ledezma<sup>1\*</sup>, Miguel Ignacio Espinosa Guevara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá ([epolo61@hotmail.com](mailto:epolo61@hotmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>; [espinosamguevara@hotmail.com](mailto:espinosamguevara@hotmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-4148-5983>)

\*Correo de Correspondencia: [epolo61@hotmail.com](mailto:epolo61@hotmail.com), [espinosamguevara@hotmail.com](mailto:espinosamguevara@hotmail.com)

Recibido:17/12/2021

Aceptado:05/04/2022

**RESUMEN.** En Panamá el único pasto de corte introducido con semilla gámica es el pasto elefante *Pennisetum purpureum* cv Elefante Carajás. Debido a la falta de información local sobre el pasto *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás, el presente estudio tuvo el propósito de evaluar el efecto de diferentes patrones de siembra y porcentaje de germinación en la producción y calidad nutritiva con semilla gámica del pasto elefante. En cada uno de los cortes se tomaron muestras del material vegetativo por tratamiento, analizando separadamente las muestras y se determinó el rendimiento de materia seca (kg/ha), proteína cruda (%), fibra cruda (%) También se evaluó el % de germinación de la semilla en campo a los 4, 8, 12 y 16 días después de la siembra. El rendimiento de materia seca aumentó con las distancias de siembra y edad de la planta, alcanzando su mayor valor a 0.80 x 0.80 cm y con valores aceptables para este género *Pennisetum*. La proteína cruda disminuyó con las frecuencias de corte, reflejando los porcentajes más altos en la época lluviosa. La germinación en condiciones de campo fue aumentando precozmente hasta lograr un porcentaje excelente para una gramínea del género *Pennisetum*.

**PALABRAS CLAVE:** Rendimiento de materia seca, características químicas, distancias de siembra, *Pennisetum purpureum*, germinación.

**ABSTRACT.** In Panama, the only cut grass introduced with gamic seed is the elephant grass *Pennisetum purpureum* cv Elefante Carajás. Due to the lack of local information on the grass *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás, the purpose of this study was to evaluate the effect of different planting patterns and germination percentage on production and nutritional quality with gamic seed of elephant grass. In each of the sections of the plant material samples were taken for treatment, separately analyzing the samples and dry matter yield (kg / ha), crude protein (%), crude fiber (%) was determined by the% was also evaluated seed germination field at 4, 8, 12 and 16 days after planting. The dry matter yield increased with plant spacing and plant age, reaching its highest value at 0.80 x 0.80 cm and acceptable values for this genus *Pennisetum*. The crude protein decreased with cutoff frequencies reflecting the percentage over the highest percentages in the winter. Germination under field conditions was early increasing to achieve excellent rate for a grass of the genus *Pennisetum*.

**KEYWORDS:** Dry matter yield, chemical characteristics, planting distances, *Pennisetum purpureum*, germination.

## INTRODUCCIÓN

El pasto es un componente esencial en los sistemas de producción de carne y leche, ya que constituye el alimento más económico y de fácil aprovechamiento para el ganado, dada sus características de rumiante. Uno de los problemas de la ganadería tropical es la estacionalidad de la producción de forrajes, donde se tiene una alta producción en el período más lluvioso del año y una baja en el más seco.

La estacionalidad de la producción de forrajes es característica de los pastos tropicales, la cual compromete toda la producción animal, principalmente si la actividad no está bien planificada y gestionada. Una de las alternativas para disponer de alimentos, durante el período crítico del año, es mantener la alta producción de forrajes durante la época lluviosa, en forma de ensilaje y heno, para contar con recursos forrajeros en el período más seco. Por consiguiente, en la ganadería moderna, es importante mantener un área con pasto de corte, que sirva como fuente de forraje para ser cortado, picado y ofrecido a los animales, o guardado en forma de ensilaje o heno, para la época seca. Los cultivos más utilizados para este fin son la caña de azúcar, los pastos del género *Panicum* (Tanzania, Mombasa, Tobiata, Indiana, etcétera) y *Pennisetum* (pasto Elefante, cultivar 22, King Grass, entre otros).

El pasto Elefante es sin duda una de las gramíneas más importantes y difundidas en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, fundamentalmente por su capacidad productiva, pudiendo ser utilizada en la alimentación animal en diversas formas (pastoreo, ensilaje y corte). Una limitante de los pastos de corte, para masificar su incorporación en los sistemas de producción ganadera, es la baja viabilidad de la semilla, la cual no llega a maduración. Esto se debe a la naturaleza de los pastos, ya que son plantas protogénicas, en las que el estigma (estructura que recoge el polen) se desarrolla, marchita y muere antes de la maduración de las anteras (bolsa donde están encerrados los granos de polen).

El pasto cultivar Carajás se origina a partir de una selección recurrente, durante tres ciclos consecutivos, de varias accesiones obtenidas del cruce interespecífico entre *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum* (Sementes Caiçara, 2020). Este pasto fue obtenido en la Estación Experimental de la Universidad de Georgia, Municipio de Tifton, en 1980. Posteriormente, en 1995 fue introducido en Brasil, por el ingeniero agrónomo Herbert Vilela, en São Sebastião do Paraíso (MG), a través de la Matsuda Genética, con el nombre de Capim Elefante Carajás (Ex. Paraíso). De aquella introducción, hasta la fecha, se han hecho muchas investigaciones en compañía con la Universidad de Florida, Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidad Federal de Uberlândia (UFU) y otras Instituciones Oficiales de Investigaciones.

Este cruce permitió la obtención de una planta con alto potencial de producción de materia seca, palatable y con alto contenido de proteína bruta. Esta mayor apetecibilidad proporciona mayor consumo de forraje, principalmente por los bovinos y equinos. A su vez tiene la bondad de multiplicarse por medio de semilla gámica de excelente poder germinativo (Vilela y Cerize, 2009). Hay una gran cantidad de cultivares de pasto elefante y la mayoría se propagan por vía vegetativa. Según Xavier (2000), Yamazoe y Bôas (2003) y Santos et al. (2016) citado por Da Silveira Alves, (2017), este método tiene algunas desventajas como dificultad en el transporte, baja capacidad de

brotación de algunos cogollos, mayor gasto con la adquisición de esquejes para la formación de malas hierbas o pastos para evitar fallas en los surcos, dificultad para enraizamiento y mayor vulnerabilidad al ataque de hongos por el contenido de humedad del tallo, surgiendo la necesidad de desarrollar cultivares que puedan ser propagados por semilla. Entre los cultivares de pasto elefante lanzados al mercado que presentan la diseminación por semilla al cultivar Carajás (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum*) merece resaltar. Con el fin de satisfacer las praderas de pastos para corte, Semillas Matsuda, tiene en los últimos años cultivares seleccionados de pasto Elefante de alto rendimiento de forraje, de buena calidad y nutrición que pueden establecerse a través de semilla gámica. El pasto Elefante es una planta con hábito de crecimiento vertical, formando densas, vigorosos y bien macollos grumos, de 3.3 a 3.4 m de alto, contenido de proteína cruda de 13.47%, 61.07 digestibilidad % de materia seca y 45.7 t / ha / año (Activa Press Comunicação Integrada, 2018). Vilela y Cerize (2009) recomiendan el pasto Elefante var. Carajás para la siembra en las regiones tropicales, donde la precipitación anual mínima es de 800 mm, la temperatura media anual es de 25 °C y la temperatura mínima está por encima de 15 °C. Carajás se puede utilizar en pastoreo directo y también como pasto de corte. Últimamente, algunos productores han estado utilizando el forraje producido como bioenergía para producir energía termoeléctrica y también para producir calor en secadores de granos (Matsuda, 2022).

El pasto Elefante var. Carajas no se ha introducido a los sistemas de producción en la República de Panamá, porque comercialmente no se ha vendido y porque ninguna institución de investigación del país en materia agropecuaria, lo ha evaluado agrónomicamente, en términos de adaptación, rendimiento de forraje y calidad nutritiva y viabilidad de la semilla.

El presente estudio tuvo como finalidad generar información sobre producción en condiciones experimentales, mediante pruebas estadísticas de variables como rendimiento, calidad nutritiva, patrones de siembra y capacidad de germinación del pasto elefante *Pennisetum purpureum* cv Elefante Carajás.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó en parcelas experimentales en el corregimiento de Tocumen, provincia de Panamá, localizado a 9° 03' latitud norte y 79° 22' longitud oeste y una altitud de 14 m.s.n.m. El suelo del área experimental presentó una textura franco-arcillosa, pH de 5.9 y un contenido de materia orgánica de 2.0%. El pasto estudiado fue *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás. Las labores de preparación de suelo se realizaron con un monocultivo y dos pases del mismo cada 15 días. La siembra fue con semilla gámica a una distancia de 0.50, 0.60, 0.80 y 1.00 m entre hileras y plantas, con densidad de siembra de 40,000, 27.777, 15,625 y 10,000 plantas por hectárea respectivamente y con tasa de siembra de 8.0 kg de semillas gámica por hectárea.

Se estableció un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DCBA), con arreglo factorial 4x2 (4 distancias de siembra y 2 frecuencias de corte), con tres repeticiones. Las frecuencias de corte en estudio fueron 45 y 60 días. El tamaño de las parcelas fue de 20.48 m<sup>2</sup>. El área experimental de muestreo fue de 2.56 m<sup>2</sup>. Al momento de la siembra se realizó una fertilización basal con abono completo de la fórmula 12-24-12 a razón de 2.0 qq/ha. A los 120 días de sembrado se realizó un corte de uniformidad a una altura de 25 cm sobre el suelo. Se aplicó fertilización nitrogenada (Urea

46%) a razón de 3 qq/ha sobre cada parcela al voleo y en forma fraccionada al año. Se realizaron 8 y 6 cortes para las frecuencias de corte de 45 y 60 días después del rebrote. Las variables a evaluar en esta investigación fueron las siguientes: rendimiento de materia seca (kg/ha), composición química: (proteína bruta (%) y fibra cruda (%) y germinación (%). Los datos recolectados fueron tabulados en hojas de cálculo, para su posterior análisis mediante el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), específicamente mediante el Análisis de la Varianza (ANOVA) y consecuentemente la comparación múltiple de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de materia seca (kg/ha)

El ANOVA encontró un efecto significativo ( $p < 0.01$ ) para las distancias de siembras y frecuencias de cortes sobre la variable rendimiento de materia seca (kg/ha), en las dos estaciones climatológicas en que se evaluó el pasto *Pennisetum purpureum* cv. Carajás (Tabla 1).

**Tabla 1.** Análisis de varianza para la variable rendimiento de materia seca (kg/ha) del pasto del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás.

F.V.	G.L.	C.M.	F. CAL	PR>F
Repeticiones	2	14756374	9.89	***
Distancias de siembra	3	5888589	3.95	***
Frecuencias de corte	1	100189678	2.78	***

Nota: \*\*\* = Hay diferencias significativas al 1% de probabilidad.

La producción de materia seca aumentó significativamente por efecto de las distancias de siembra y frecuencias de corte ( $p < 0.01$ ) (Tabla 1).

La distancia de siembra de 0.80 x 0.80 m permitió obtener los mayores incrementos de producción de materia seca en las dos frecuencias de corte y estaciones climáticas (épocas: lluviosa y seca) estudiadas a los 45 y 60 días, respectivamente. El aumento del rendimiento con la edad de la planta se debe a un incremento de la capacidad metabólica que poseen los pastos en el proceso de movilización y síntesis de sustancias orgánicas para la formación y funcionamiento de sus estructuras. Para la distancia de siembra de 1.00 x 1.00, fue disminuyendo la producción de materia seca en ambas frecuencias de corte y estaciones climáticas (Tabla 2).

Estos promedios de rendimiento de materia seca en la época lluviosa fueron inferiores a los alcanzados en diferentes regiones de Brasil con el pasto Carajás que fueron entre 38,700 a 39,850 kg/ha (Carajás-Matsuda, 2014). En la época seca el rendimiento de materia seca alcanzo promedios homogéneos en ambas frecuencias de corte hasta la distancia de siembra de 0.60 x 0.60 cm. y muy superior a la distancia de 0.80 x 0.80 cm. (Carajás-Matsuda, 2014).

Cabe señalar que para Panamá estas cifras de rendimiento de materia seca kg/ /ha/año son inferiores pero aceptables considerando la información reportada con el *P. purpureum* PI-300-086

(King Grass), que produjo entre 33,000 a 46,000 kg MS/ha/año, bajo condiciones de fertilización y el *P. purpureum* Taiwan (A-144) con producción de 50,000 kg MS/ha/año, bajo condiciones de fertilidad y humedad adecuada (IDIAP, 1997).

Los géneros *Pennisetum* son sensibles a la baja fertilización y especialmente al nitrógeno, condición que no tuvo nuestro experimento, lo que demuestra el alto potencial del pasto Carajás para nuestras condiciones edafoclimáticas.

**Tabla 2.** Efecto de la distancia de siembra sobre los rendimientos de materia seca (kg/ha) del pasto *Pennisetum purpureum* cv. *Elefante Carajás I*.

Distancia de siembra (m)	Rendimiento de materia seca (kg/ha/año)			
	Frecuencias de corte (días)			
	45 días		60 días	
	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca
0.50 X 0.50	21,620 c	6,050 bc	31,620 c	6,400 b
0.60 X 0.60	23,708 b	6,355 b	33,198 b	6,485 b
0.80 X 0.80	30,944 a	7,355 a	35,592 a	7,785 a
1.00 X 1.00	19,856 d	5,500 d	29,124 d	6,300 b

Nota: 1/ Valores seguidos de la misma letra no difieren al 1% de probabilidad según la prueba de medias Duncan.

## Composición química

### *Proteína bruta (%)*

Los contenidos de proteína bruta en la materia seca en las distancias de siembra del pasto Carajás no fueron afectados significativamente ( $p < 0.05$ ) en las estaciones climatológicas. Para ambas épocas, los contenidos de proteína bruta presentaron una disminución en la medida en que avanza la edad de rebrote o avanza el estado de crecimiento.

En la época de lluvias, realizando cortes cada 45 días de rebrote el contenido de proteína cruda presentó los mejores porcentajes (13.0 - 13.6%). En la frecuencia de corte de 60 días el comportamiento de proteína tendió a disminuir con tenores entre 9.0-10%. Para la época seca la proteína cruda en ambas frecuencias de corte no aumento registrando contenidos para ambas edades de corte entre 5.0 a 6.0% (Tabla 3). Estudios realizados por Vivas-Quila y colaboradores en Popayán-Colombia (2019), con el *Pennisetum purpureum* (elefante morado) obtuvieron respuestas similares de disminución en los contenidos de proteína cruda en edades de 50 hasta 90 días de rebrote.

La disminución de la proteína al envejecer la planta se produce por la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote, con esta la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes.

**Tabla 3.** Efecto de la distancia de siembra sobre el contenido de proteína cruda del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás.

Distancia de siembra (m)	Contenido de proteína cruda (%)			
	Frecuencias de corte (días)			
	45 Época lluviosa	60 Época lluviosa	45 Época seca	60 Época seca
0.50 X 0.50	13.1 a (a)	9.0 a (b)	6.0 a (a)	5.1 a (a)
0.60 X 0.60	13.6 a (a)	9.6 a (b)	6.3 a (a)	5.2 a (a)
0.80 X 0.80	13.0 a (a)	10.0 a (b)	6.5 a (a)	5.4 a (a)
1.00 X 1.00	13.2 a (a)	9.3 a (b)	6.2 a (a)	5.0 a (a)

Nota: abc - Dentro de una misma línea vertical (con paréntesis), u horizontal, los valores con una o más letras en común no difieren entre sí al 5% de probabilidad según la prueba de medias de Duncan.

### *Fibra cruda (%)*

Los contenidos de fibra bruta en la materia seca en las distancias de siembra del pasto Carajás no fueron afectados significativamente ( $p < 0.05$ ) en las estaciones climatológicas. El contenido de fibra no aumento al incrementar las frecuencias de corte durante época lluviosa, sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre las edades de 45 y 60 días durante la época seca (Tabla 4).

Este incremento se relacionó con el incremento de la porción de los tallos, fracción que tiene un mayor contenido de lignina, además de la senescencia de las hojas y acumulación del material muerto. Es importante señalar que independientemente del aumento de la fibra es apreciable que los valores no son altos a pesar de la edad, considerándose que el pasto Carajás cuando envejece acumula menos cantidad de lignina que otros *Pennisetum* lo que le confiere una gran ventaja para la alimentación de los rumiantes (Herrera, 1994).

Hay que tomar en consideración también que al aumentar la edad del rebrote se incrementa la síntesis de carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa), disminuyen las formas solubles, y se afecta la calidad (disminuye la proteína), explicación que puede dar respuesta a los resultados de esta investigación.

**Tabla 4.** Efecto de la distancia de siembra sobre el contenido de fibra bruta del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás.

Distancia de siembra (m)	Contenido de fibra bruta (%)			
	Frecuencias de corte (días)			
	45 Época lluviosa	60 Época lluviosa	45 Época seca	60 Época seca
0.50 X 0.50	22.41 a (a)	23.98 a (a)	24.17 a (a)	27.10 a (b)
0.60 X 0.60	22.12 a (a)	23.45 a (a)	25.00 a (a)	28.89 a (b)
0.80 X 0.80	22.00 a (a)	23.15 a (a)	25.15 a (a)	27.38 a (b)
1.00 X 1.00	22.33 a (a)	23.99 a (a)	25.87 a (a)	27.90 a (b)

Nota: abc - Dentro de una misma línea vertical (con paréntesis), u horizontal, los valores con una o más letras en común no difieren entre sí al 5% de probabilidad según la prueba de medias de Duncan.

### Germinación (%)

El análisis de varianza (Tabla 5) mostro significancia ( $p < 0.05$ ) para el factor días de germinación, no así ( $p > 0.05$ ) para la distancia de siembra sobre el porcentaje de germinación del pasto Carajás.

**Tabla 5.** Análisis de varianza para la variable germinación (%) del pasto del pasto *Pennisetum purpureum* cv. *Elefante Carajás*.

F.V.	G.L.	C.M.	F CAL	PR>F
Distancias de siembra	3	42683597	2.85	n.s.
Días de germinación	3	117694888	3.27	**

Nota: n.s. = No hay diferencias significativas al 5% de probabilidad; \*\* Diferencias significativas al 5% de probabilidad.

La capacidad de germinación fue en aumento hasta el último día en que se evaluó el porcentaje de germinación (16vo día), alcanzándose un máximo de 100% (Tabla 6). Estos resultados corroboran lo relatado por Diz y Schank (1991), en la que el pasto Carajás presentó germinación entre 79 a 88% para la fracción de semillas grandes y de 56 a 78% para las semillas pequeñas, después de las evaluaciones de las diferentes características de las semillas y de las plántulas.

**Tabla 6.** Efecto de la distancia de siembra sobre el porcentaje de germinación del pasto *Pennisetum purpureum* cv. *Elefante Carajás*.

Distancia de siembra (cm)	Porcentaje de germinación (%), según días			
	4	8	12	16
0.50 x 0.50	70 a (b)	95 a (a)	100 a (a)	100 a (a)
0.60 x 0.60	75 a (b)	90 a (ab)	100 a (a)	100 a (a)
0.80 x 0.80	75 a (b)	90 a (ab)	100 a (a)	100 a (a)
1.00 x 1.00	75 a (b)	90 a (ab)	95 a (a)	100 a (a)

Nota: abc - Dentro de una misma línea vertical (con paréntesis), u horizontal, los valores con una o más letras en común no difieren entre sí al 5% de probabilidad según la prueba de medias de Duncan.

El rendimiento de materia seca aumentó alcanzando su mayor productividad con las distancias de siembra de 0.80 x 0.80 m y realizando cortes cada 45 días. La proteína cruda disminuyó con las frecuencias de corte, reflejando los porcentajes más altos en la época lluviosa, debido a la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote. La fibra por su parte aumenta, en época seca en ambas frecuencias de corte, alcanzando su mayor contenido a los 60 días de rebrote, mostrando porcentajes admisibles para este género. La germinación en condiciones de campo fue aumentando precozmente hasta lograr un porcentaje excelente para una gramínea del género *Pennisetum*.

## CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se realizó el presente estudio y en base a los resultados obtenidos, fue posible concluir que para la siembra del pasto Carajás la distancia de siembra recomendada es de 0.80 x 0.80 cm, ya que permitió obtener los mayores incrementos de producción de materia seca en las dos frecuencias de corte y estaciones climáticas (lluviosa-seca) estudiadas.

En la época lluviosa, realizando cortes cada 45 días de rebrote, el contenido de proteína cruda presentó los mejores porcentajes (13.0- 13.6%), mientras que el contenido de fibra no aumentó al incrementar las frecuencias de corte durante la época lluviosa, sin embargo, se presentó diferencias significativas entre las edades de 45 y 60 días durante la época seca. La capacidad de germinación fue en aumento hasta el último día (16 días) en que se evaluó el porcentaje de germinación, alcanzándose un máximo de 100%.

## REFERENCIAS

- Activa Press Comunicação Integrada. (2018). Matsuda lança capim elefante com dupla aptidão. Revista Cultivar. Centro. Pelotas, Rio Grande do Sul. Brasil. (em línea). Consultado: 17 de junio de 2021. Disponible: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/matsuda-lanca-capim-elefante-com-dupla-aptidao>.
- Da Silveira Alves, F.G. (2017). Características Morfogênicas, Estruturais, Produção e Composição Química do Capim-Elefante cv. Carajás adubado com ureia convencional e protegida. Tesis. Universidade Federal do Ceará. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. Fortaleza, Brasil. (en línea). Consultado: 4 de mayo de 2022. Disponible: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/33158/3/2017\\_dis\\_fgsalves.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/33158/3/2017_dis_fgsalves.pdf).
- Diz, D.A & Schank, S.C. (1991). Seed and seedling characterization of pearl millet x napiergrass hexaploid hybrids. Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida, Belle Grade, 50, 69-75.
- Carajás - Matsuda. (2014). El Portal de Agronegocios (en línea). Sao Paulo, Brasil. Consultado 22 de julio 2014. Disponible: <http://www.matsuda.com.br/Matsuda/Web/semences>.
- Flores, M. A.; Sanchez, E.; Baladrán, M. I. y Márquez, C. (2016). Efectividad de tratamientos pregerminativos en la ruptura de la dormancia en las semillas forrajeras y de malezas. Ecosistemas y recursos agropecuarios vol.3 no.9 Villa hermosa. Mexico. Consultado: 22 de julio de 2021. Disponible: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282016000300427](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000300427)
- Herrera, R. Cruz, R. y Martínez, O. Estudio de mutantes de King grass (*Pennisetum purpureum*) obtenidos mediante técnicas nucleares y mutágenos químicos. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 28 (2): 239.



- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (1997). Programa de Actualización a Especialistas. Módulo Pecuario. Divisa. Panamá. 181p.
- Muldoon, D.K. & Pearson. C.J. (1979). The hybrid between *Pennisetum americanum* and *Pennisetum purpureum*. Herbage Abstracts, Farnham Royal, 49,189-199.
- Matsuda ,2022. Sementes Matsuda. (em línea). São Paulo. Brasil. Consultado: 4 de mayo 2022. Disponible: <https://sementes.matsuda.com.br/br/produto/carajas/>
- Sementes Caiçara. (2020). Capim Elefante Carajás. Brejo Alegre, Estado de São Paulo, Brasil. (en línea). Consultado: 17 de junio 2021. Disponible: <https://www.sementescaicara.com/base.asp pag=detprod.asp&codProd=335>.
- Vilela, H. y Cerize, D. (2009). Capim Elefante Carajás (Ex. Paraíso). Agronomia. (en línea). MG. Brasil. O Portal da Ciencia e Tecnologia. Consultado 5 de feb.2014. Disponible: [http://www.agronomia.com.br/conteudo/produtos/produtos\\_sementes\\_gramineas\\_capim\\_elefante\\_paraíso.htm](http://www.agronomia.com.br/conteudo/produtos/produtos_sementes_gramineas_capim_elefante_paraíso.htm)
- Vivas-Quilla, N.J., Criollo-Dorado, M.Z., y Cedeño-Gómez, M.C. (2019). Frecuencia de corte de pasto elefante morado *Pennisetum purpureum* Schumach (en línea). Popayán -Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Consultado 16 de dic. 2021. Disponible:[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612019000100045](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612019000100045)

## EVALUACIÓN GENÉTICA CONJUNTA DEL PESO A 18 MESES DE EDAD EN LAS RAZAS CHAROLAIS Y CHACUBA

### JOINT GENETIC EVALUATION OF WEIGHT AT 18 MONTHS OF AGE IN CHAROLAIS AND CHACUBA BREEDS

*Alberto Menéndez-Buxadera<sup>1</sup>\*, Manuel Rodríguez<sup>2</sup>, Alina Mitat<sup>3</sup>, Marco A. Suárez<sup>4</sup>, Franky Ramos<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Asesor Técnico Independiente. Estados Unidos ([contact@ambuxadera.com](mailto:contact@ambuxadera.com) <https://orcid.org/0000-0002-0408-4200>)

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT). Departamento de Genética y Biotecnología. Cuba ([manolo@cima-minag.cu](mailto:manolo@cima-minag.cu) <https://orcid.org/0000-01003-0370-5623>)

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT). Cuba ([isamani51@gmail.com](mailto:isamani51@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0001-8197-3063>)

<sup>4</sup>Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, Departamento de Producción Animal, Mayabeque. Cuba. ([marcosf@cima-minag.cu](mailto:marcosf@cima-minag.cu) <https://orcid.org/0000-0002-8040-6603>)

<sup>5</sup>Departamento de Genética del Ministerio de la Agricultura. [ramosfranky70@gmail.com](mailto:ramosfranky70@gmail.com)

\*Correo de Correspondencia: [contact@ambuxadera.com](mailto:contact@ambuxadera.com)

Recibido:24/01/2022

Aceptado:12/03/2022

**RESUMEN.** Se utilizaron 3764 registros de las pruebas de comportamiento (PC) durante el periodo de 1981-2019 en tres empresas que correspondieron a animales Charoláis (Cha) y Chacuba (Chac). Los datos editados se estudiaron según modelo el animal univariado (M1) por cada genotipo. En un segundo paso se estudiaron de forma conjunta; incluyendo en todos los casos los coeficientes de regresión fija debida a los componentes genéticos aditivos, de heterosis y recombinación génica de los animales en modelos alternativos según los modelos aditivos univariado (M2), aditivo multivariado (M3); que asumen que el peso en animales puros y cruzados corresponden a rasgos diferentes, pero están correlacionados y finalmente, el modelo no lineal (M4). Los resultados obtenidos fueron:  $h^2 = 0.28_{\pm 0.10}$  y  $h^2 = 0.32_{\pm 0.13}$  para peso a 18 meses en puros y cruzados, respectivamente en M1. Para M2  $h^2 = 0.22_{\pm 0.05}$  y  $h^2 = 0.28_{\pm 0.06}$  y  $h^2 = 0.32_{\pm 0.13}$  en puros y cruces en M3 mientras que  $h^2 = 0.28_{\pm 0.05}$  en M4. En el M3 la correlación genética ( $r_g$ ) entre el mismo rasgo en ambos tipos de animales fue de  $0.77_{\pm 0.30}$ . Los resultados de  $h^2$  del M4 fueron un punto intermedio respecto a M3 mientras que la precisión de los valores genéticos estimados (VG) fue ligeramente superior. Las relaciones genéticas entre los VG entre animales puros y cruzados entre los diferentes modelos fueron superiores a 0.98 en todos los casos. Los resultados demuestran que un mismo rasgo evaluado en una raza pura no corresponden con el mismo carácter en sus progenies cruzadas, aunque están correlacionados. La evaluación conjunta mediante modelos multivariados es la opción más recomendable para el programa de mejora, ya que puede brindar resultados superiores con los mismos datos disponibles respecto a la posible respuesta de un análisis individual de cada tipo de cruce.

**PALABRAS CLAVE:** Evaluación multirracial, Charolais, prueba de comportamiento, heredabilidad, correlación genética, modelos multivariados.

**ABSTRACT.** Three farms 3764 behavioral test (PC) records were used during the period 1981-2019 that corresponded to Charolais (Cha) and Chacuba (Chac) animals. Edited data were studied according to the univariate animal model (M1) for each genotype. In a second step, they were studied jointly, including in all cases the fixed regression coefficients due to the additive genetic components, heterosis and gene recombination of the animals in alternative models according to the univariate additive model (M2), the multivariate additive model (M3) that assumes that the weight in purebred and crossbred animals correspond to different but correlated traits and finally, a nonlinear model (M4). The results obtained were:  $h^2 = 0.28_{\pm 0.10}$  and  $h^2 = 0.32_{\pm 0.13}$  for weight at 18 months in purebreds and crossbreds, respectively in M1. For M2  $h^2 = 0.22_{\pm 0.05}$  and  $h^2 = 0.28_{\pm 0.06}$  and  $h^2 = 0.32_{\pm 0.13}$  in purebreds and crosses in M3 while  $h^2 = 0.28_{\pm 0.05}$  in M4. In M3, the genetic correlation ( $r_g$ ) between the same trait in both types of animals was  $0.77_{\pm 0.30}$ . The results of  $h^2$  of the M4 were an intermediate point with respect to the M3 while the precision of the estimated breeding values (VG) was

slightly higher. Genetic relationships between the VG purebred and crossbred animals in the different models were greater than 0.98 in all cases. The results show that the same trait evaluated in purebred does not correspond to the same character in its cross progenies, although they were correlated. Joint evaluation using multivariate models is the most recommended option for the breeding program since it can provide superior results with the same available data regarding the possible response of an individual analysis of each type of crossbreeds.

**KEYWORDS:** Multiracial evaluation, Charolais, performance test, heritability, genetic correlation. multivariate models.

## INTRODUCCIÓN

Las pruebas de comportamiento (**PC**) es el procedimiento aplicado en Cuba en los programas de mejora de animales vacunos de razas de carne (Guerra *et al.*, 2001). Estas **PC** se realizan en condiciones de pastoreo desde los 7 a 18 meses de edad y la información de cada raza son evaluados cada año. En general se aplica un modelo animal univariado (Guerra *et al.*, 2001), expresando los resultados mediante el Valor Genético para peso final a 18 meses de edad (**VG<sub>P18</sub>**). Con estos valores se inicia el proceso para la selección de los sementales jóvenes de cada año, los cuales pueden ser sometidos posteriormente a una prueba de progenie (**PP**). A modo general esta es la estrategia que se lleva a cabo en los programas de mejora de cada raza pura, no obstante, en varios casos existe también el mismo esquema para algunos cruzamientos, tal es el caso del Chacuba (5/8Charolais 3/8 Cebú).

La precisión del **VG<sub>P18</sub>** de los sementales jóvenes de la **PC** depende de la heredabilidad del rasgo, la cual como es de esperar, no debe ser la misma para Chacuba y Charolais, mientras que en las **PP** hay que tomar en cuenta el número de progenies controladas. Ambos genotipos están emparentados por la vía del semental Charolais, de manera que aplicando modelos estadísticos apropiados es posible alcanzar beneficios adicionales en términos de mayor precisión con la misma información disponible, aunque hay que tomar en consideración el nivel de correlación entre **VG<sub>P18</sub>** de animales puros y cruzados ( $r_{pc}$ ). De acuerdo con Vitezica *et al.*, (2016), los resultados de  $r_{pc}$  están lejos de la unidad, es decir son un indicador poco confiable del comportamiento de la población cruzada. Los modelos recomendados por Arnold *et al.*, (1992) y más recientemente García-Cortez y Toro (2006) pueden proporcionar una respuesta a esta interrogante.

El objetivo de este trabajo es presentar los primeros resultados de la aplicación de un modelo multi racial para la evaluación genética del ganado Charolais y Chacuba para el peso vivo a 18 meses de edad en las condiciones de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos disponibles

Para este análisis se recibieron los resultados individuales de las **PC** realizadas a los genotipos Charolais (Cha) y de sus cruces con hembras Cebú (Z) en una proporción de 5/8C 3/8Z que se denomina Chacuba. Estas **PC** se realizaron entre septiembre de 1981 a noviembre de 2019

en tres empresas a lo largo del país. En total estaban disponibles 3764 registros individuales de ambos genotipos. El pedigrí general contenía 10452 animales con datos y sus antecesores (201 padres y 2887 madres). Para las comparaciones también se prepararon los pedigrí por separado para Charolais (7756 animales) y Chacuba (2899 animales). Sin embargo, hay que indicar que en todos los casos existían muchos antecesores de los cuales no se conocían información de sus progenitores, de manera que no aportan información.

El carácter básico para estudiar fue el peso vivo a 18 meses de edad ( $PV_{18}$ ) el cual fue editado eliminando aquellos datos fuera  $\pm 3$  desviaciones estándar, así como 392 observaciones que pertenecían a hembras. La información de pesos vivos a edades inferiores estaba ausente en muchos casos y no se emplearon.

### Estimación de los coeficientes de cruzamientos

Los coeficientes genéticos aditivos ( $p$ ), de heterosis ( $h$ ) y pérdidas por recombinación génica ( $r$ ) para cada animal fueron estimados según la fórmula ya clásica para este tipo de estudio:

$$p_o = 0.5 (p_s + p_m); h_o = [p_s *(1- p_m) + p_m *(1- p_s)] \text{ y } r_o = [p_s *(1- p_s) + p_m *(1- p_m)]$$

donde  $p$  es la proporción de genes Charolais en el padre (s) y madre (m) de cada animal.

La tabla 1 presenta los resultados de estos coeficientes para cada genotipo. Para una generalización de las estimaciones se decidió también agrupar los animales Chacuba de primera y segunda generación en la categoría cruzados.

**Tabla 1.** *Coefficientes de cruzamiento\* en los datos analizados.*

	N	Efectos genéticos		
		Aditividad	Heterosis	Recombinación
<b>Coefficientes individuales esperados</b>				
Charolais puros	2885	1.000	0	0
Chacuba G1	318	0.625	0.750	0.1875
Chacuba G2	392	0.625	0.469	0.469
<b>Coefficientes de todos los animales</b>				
Animales Puros	2885	1.000	0	0
Animales Cruzados	710	0.540(0.08)	0.597(0.14)	0.340(0.14)

\*Chacuba G1 es el resultado del cruce entre un semental Charolais con una hembra 3/4Z1/4C mientras que Chacuba G2 es la primera o más generaciones de cruce entre animales Chacuba (5/8C3/8Z). Los animales Chacuba G1 y G2 se unen en animales cruzados. Entre paréntesis es la desviación estándar de los respectivos coeficientes de todos los animales.

Resulta evidente que la comparación directa de estos tres tipos de animales sería sesgada ya que existen diferencias importantes en su composición genética, por ello se utilizan esos coeficientes indicados en la tabla como covariables fijas.

En términos estadísticos los datos se estudiaron según modelo animal univariado muy semejante al empleado actualmente en las PC en estos genotipos, pero con algunas variaciones respecto a las estimaciones de componentes de varianza y el valor genético de los animales que serán detallados más adelante. La información de cada genotipo se analizó

por separado usando solo su pedigrí correspondiente, posteriormente se analizaron de conjunto, tomando en cuenta los coeficientes de cruzamiento de la tabla 1 o al grupo genético puro y cruzados. En cada caso se estimaron los parámetros y el valor genéticos de cada animal, así como la precisión de la estimación.

La representación de los modelos comparados es la siguiente:

$$y_i \approx X\beta + f_{(edi,ef)} + Z_a + e_{ij} \quad \text{modelo aditivo actual (1).}$$

$$y_i \approx X\beta + f_{(edi,ef)} + Qg_o + Z_a + e_{ij} \quad \text{modelo aditivo univariado (2).}$$

$$y_i \approx X\beta + f_{(edi,ef)} + Qg_o + Z_a \cdot g_o + e_{ij:go} \quad \text{modelo aditivo multivariado (3).}$$

$$y_i \approx X\beta + f_{(edi,ef)} + [b_1p_o + b_2h_o + b_3r_o] + Z_a + e_{ij} \quad \text{modelo no lineal (4).}$$

donde,  $y_i$  es un vector del  $PV_{18}$  de cada  $a^{th}$  animal,  $X$  es una matriz de incidencia que conecta los efectos fijos de los grupos contemporáneo ( $\beta$ ) con la variable dependiente,  $f_{(edi,ef)}$  son las covariables lineales de edad inicial y final de la PC para eliminar esa fuente de variación.  $b_1p_o$ ,  $b_2h_o$  y  $b_3r_o$  representan los coeficientes de regresión fija debida a los componentes genéticos aditivos, de heterosis y recombinación génica de los animales respectivamente,  $Z$  es una matriz de efectos aleatorios debido al  $a^{th}$  animal que produce el registro y sus antecesores sin datos y  $e_{ij}$  es un vector del efecto de error aleatorio común a todas las observaciones. El modelo aditivo 1 es muy similar al actualmente en uso excepto que no emplean los coeficientes de cruzamiento

En el modelo aditivo univariado 2 se incorpora la matriz de incidencia del efecto fijo de grupo genético  $Qg_o$  que es el resultante de la acción conjunta de las variaciones en la composición genética de los animales Charolais puros y cruzados (Chacuba de primera y segunda generación), finalmente en el modelo aditivo multivariado 3 se asume que  $PV_{18}$  en animales puros y cruzados corresponden a rasgos diferentes pero correlacionados. En este caso la varianza residual se considera heterogénea intragrupo genético ( $e_{ij:go}$ ).

Los cuatro modelos estiman los mismos componentes de varianza y tienen la misma representación general:

$\text{var}(y) \approx N[0, \sigma_y^2 = (G_o \otimes A + \sigma_e^2)]$  para modelo clásico, el no lineal y el aditivo univariado.

$$\text{var}(y) \approx N[0, \sigma_y^2 = (G_o = \begin{bmatrix} \sigma_{ap}^2 & \sigma_{apc} \\ \sigma_{acp} & \sigma_{ac}^2 \end{bmatrix} \otimes A) + \sigma_{eij:go}^2] \quad \text{para el aditivo multivariado.}$$

Los componentes de varianza genético ( $G_o \otimes A$ ) =  $\sigma_a^2$ , serán calculados de la misma forma para los modelos clásicos actuales, el no lineal y univariado aditivo,  $A$  es el denominador de la matriz de parentesco. En el modelo multivariado, se obtienen los mismos componentes de varianza para animales puros ( $\sigma_{ap}^2$ ) y cruzados ( $\sigma_{ac}^2$ ), así como su covarianza entre los

mismos ( $\sigma_{apc} = \sigma_{acp}$ ). Con estos resultados se puede estimar la heredabilidad de PV<sub>18</sub> en los modelos no lineales y aditivo univariado que se asume son las mismas para los dos genotipos ( $h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$ ). Por su parte en el modelo multivariado la  $h^2$  se calculan de la misma forma, pero considerando los correspondientes componentes:  $h_p^2 = \frac{\sigma_{ap}^2}{\sigma_{ap}^2 + \sigma_{e:p}^2}$  para animales puros y  $h_c^2 = \frac{\sigma_{ac}^2}{\sigma_{ac}^2 + \sigma_{e:c}^2}$  para los cruzados. Por otro lado, la correlación genética entre PV<sub>18</sub> medido en ambos tipos de animales será  $r_g = \frac{\sigma_{apc}}{\sqrt{\sigma_{ap}^2 * \sigma_{ac}^2}}$

Los Valores Genéticos (VGE) se estiman como solución de cada modelo, mientras que para el multivariado es;

$$VGE = \tilde{a} + Q_g$$

donde  $\tilde{a}$  es el VGE general del animal a lo cual hay que añadir la desviación del correspondiente grupo genético (Q<sub>g</sub>) al cual pertenece. La precisión (Acc %) de los VGE se estiman de la misma forma en los cuatro modelos:

$$Acc = \sqrt{1 - \frac{Pev_i}{\sigma_{a_i}^2}} * 100$$

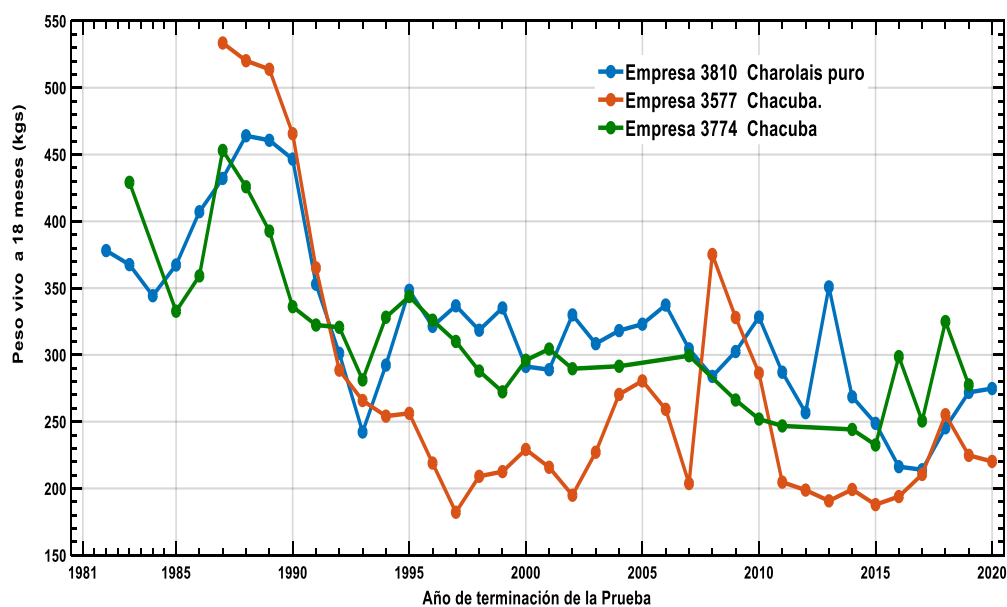
En la cual  $Pev_i$  es el cuadrado del error estándar del efecto  $\tilde{a}_i$  animal estimado en cada modelo. Todo el análisis se realizó mediante el software Asreml 3 (Gilmour *et al.*, 2009).

Todos los parámetros descritos se estimaron para los cuatro modelos y los posibles beneficios de este nuevo enfoque se presentan respecto a la evaluación genética que actualmente se lleva a cabo para cada uno de estos dos genotipos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados generales

Varios análisis preliminares se realizaron para una representación general de los datos estudiados. En primer lugar, un modelo lineal de efectos fijos arrojó diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) para las covariables de edad inicial y final, así como para el efecto grupo contemporáneo (combinación de empresa año de la prueba y trimestre con niveles 241 niveles). Los efectos de los tres genotipos no fueron significativos. Un análisis similar fue llevado a cabo para conocer la evolución del PV<sub>18</sub> a lo largo del periodo de tiempo representado en esta base de datos y los resultados se presentan en la figura 1.



**Figura 1.** Evolución del Peso vivo a 18 meses de edad de las Pruebas de comportamiento del Charolais y Chacuba.

Los resultados demuestran que el PV<sub>18</sub> ambos genotipos manifiestan una tendencia decreciente en las tres empresas donde se realiza la PC, de manera que el PV<sub>18</sub> se redujo aproximadamente un -40% en los 38 años analizados. Las dificultades económicas actuales del país han imposibilitado mantener los mismos recursos empleados entre 1982 a 1990 durante el cual la respuesta fue favorable.

### Parámetros genéticos

Los resultados de los componentes de varianza y la precisión del VGE de los datos según el procedimiento actual que analiza por separado los resultados del Charolais y Chacuba se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Parametros genéticos de los datos de cada raza (modelo aditivo actual).

Genotipo	N*	V		V total	h <sup>2</sup>	CV**	Acc
		Genética	residual				
Charolais puro	2885(5226)	353.925	917.297	1271.1	0.278±0.10	6.1	46.2
Chacuba	716(1346)	384.486	817.039	1201.5	0.320±0.13	6.3	46.6

\*Número de animales con datos y sus antecesores entre paréntesis. \*\* Coeficiente de variación genético.

Los estimados de h<sup>2</sup> y varianzas genéticas de ambos genotipos fueron superiores a otros parámetros similares en las condiciones de Cuba en ganado Cebú h<sup>2</sup>=0.10 a h<sup>2</sup>=0.19 (Espinoza-Villavicencio *et al.*, 2008, Guillen Trujillo *et al.*, 2011); Santa Gertrudis, h<sup>2</sup>=0.21 (Morales *et al.*, 2013) y Chacuba h<sup>2</sup>=0.21 (Ceró Rizo *et al.*, 2011). Explicar estas diferencias no es lo más recomendado ya que por definición el parámetro h<sup>2</sup> es aplicable solo a las

condiciones y periodo de tiempo en que se estimaron los cuales son diferentes al de este estudio. Los coeficientes de variación genética de  $PV_{18}$  variaron entre 4.1% a 4.9% en las publicaciones antes citadas mientras que el valor en este análisis fue de 6.2% lo cual indica mayores posibilidades para el trabajo de selección y mejora. La precisión (Acc) fue muy similar para ambos genotipos.

Los resultados de este modelo univariado clásico es similar al usado actualmente (Guerra *et al.*, 2001) y permitió estimar de manera independiente los VGE de cada animal en cada genotipo y se identificaron que existían 24 sementales Charolais comunes entre los cuales la correlación entre ambos fue de 0.321 (NS), por otro lado la regresión del VGE estimado en Charolais puro y su equivalencia en Chacuba fue de 0.266( $\pm 0.15$ )/kg, es decir aproximadamente el 25%, lo cual indica poca capacidad predictiva en base a los VGE en raza pura y su expresión en cruzamiento, en correspondencia con la tendencia sugerida por Vitezica *et al.*, (2016). Para brindar una preliminar respuesta a esta interrogante los resultados de ambos genotipos, así como su pedigrí fueron unidos en una sola base de datos que fue analizada según los modelos 2, 3 y 4. Los parámetros se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Parámetros genéticos de los datos de ambos genotipos según diferentes modelos\*.

Modelo	N	V Genética	V residual	V total	$h^2$	CV	Acc
<b>Aditivo univariado</b>	3601(6548)	229.119	820.291	1049.4	0.218 $\pm$ 0.05	4.9	41.5
<b>Aditivomultivariado</b>	Puros**	356.488	914.634	1271.1	0.281 $\pm$ 0.06	6.5	44.4
	Cruce**	382.844	816.091	1198.9	0.319 $\pm$ 0.13	6.4	38.1
<b>Aditivo no lineal</b>	3601(6548)	347.411	909.031	1256.4	0.276 $\pm$ 0.05	6.0	45.8

\*Los datos totales (Charoláis + Chacuba) fueron 3601 y el pedigrí total fue de 6548 animales. \*\* El número de animales es el mismo presentado en la tabla 2.

Estos modelos tratan el mismo rasgo, pero la comparación formal con el método actual reflejado en la tabla 2 no es posible, ya que el número de observaciones no es el mismo ni tampoco el número de animales con datos y sus antecesores. En el modelo aditivo 1 se asume que las varianzas son las mismas para ambos genotipos los cuales se consideran como un efecto fijo y las diferencias entre puros y cruzados fueron no significativas, aunque la tendencia es que el **VGE** de los Charolais puros fueron -7.4kg inferiores a los cruzados. Por otro lado, los estimados de  $h^2$ , **CV** y **Acc** de este modelo fueron inferiores a los presentados en la tabla 2, de manera que no existe ninguna ventaja en este enfoque.

Los resultados del modelo aditivo multivariado 2 fueron similares a los estimados originales de la tabla 1 mientras que la correlación genética ( $r_g$ ) entre el mismo rasgo en ambos tipos de animales que fue de  $r_g = 0.771 \pm 0.30$  muy superior al estimado previo de 0.321 aunque es necesario apuntar que las correlaciones entre los **VGE** se relacionan, pero no son equivalente a las correlaciones genéticas. No se han encontrado resultados similares de  $r_g$ , en animales puros y cruzados en Cuba, no obstante, estos valores medios están dentro del rango de las publicaciones de USA (Lukaszewicz, *et al.*, 2015) y Australia (Newman *et al.*, 2001). En el modelo aditivo multivariado 2 se incorporó la matriz de parentesco entre todos los animales, de manera que se establece una conexión entre los datos, independientemente de si son puros o cruzados o del lugar de donde se ha realizado la prueba de **PC** y ese es precisamente el mecanismo que posibilita estimar las (co)varianzas de manera más precisa respecto a los análisis por separado para cada raza y es la base de los mayores niveles de  $r_g$ . Ese es el mismo



principio que se utiliza en la evaluación de animales de carne en USA (Quaas & Zhang 2006). En términos estadísticos para este tipo de estudio con animales puros y cruzados, el modelo no lineal 4 es el que reúne las mejores propiedades y permitió estimar que la heterosis (**h**) fue  $h = 19.6\text{ks}$  que representa el 6.3% del  $PV_{18}$ , los efectos de pérdidas por recombinación génica fueron **NS** y los efectos de aditividad debida a la proporción de genes de Charolais puro en el animal cruzado fue de  $p = -4.9 \text{ kg}$  en correspondencia con las diferencias mencionadas del modelo 2. Los resultados de  $h^2$  y **CV** de este modelo 4 fueron un punto intermedio respecto al modelo 3 mientras que la **Acc** fue ligeramente superior de manera que se utilizaran sus resultados para comparar las diferentes estimaciones de VGE.

El nuevo enfoque de análisis conjunto de los resultados de las **PC** puede aportar varios beneficios:

1. Respecto al método actual en uso el número total de animales evaluados (6548) fue 20% superior que en el Charolais puro (5226) y 80% superior a los resultados del Chacuba (1346), lo cual representa un mayor margen para incrementar la intensidad de selección.
2. Aun cuando la **PC** se realiza solamente en sementales jóvenes, los resultados del nuevo enfoque utilizan las matrices de parentesco entre todos los animales, lo cual permite estimar los **VGE** y la **Acc** de antecesores de ambos sexos que pueden ser usados en el programa de mejora como herramienta auxiliar (tabla 4). Obsérvese la similitud de resultados entre el modelo no lineal y los alcanzados por el método actual en la raza Charolais. Aparentemente es poco el beneficio, pero como se apuntó previamente es muy baja y no significativa, su relación con animales Chacuba por el contrario el modelo no lineal posibilita una mayor relación entre todos los **VGE** como se mostrará más adelante y la precisión de este modelo es muy superior al del modelo multivariado.

**Tabla 4.** Precisión (%) de los Valores Genéticos Estimados en diferentes tipos de animales y diferentes modelos de evaluación.

	Tipo de animal			
	Animal	Padre	Madre	
Charolais	57.8	64.5	29.4	Modelo univariado actual
Chacuba	58.4	54.7	30.9	
Puros	55.8	46.4	28.2	Modelo Aditivo
Cruzados	48.0	44.3	24.1	Multivariado
Todos	57.4	61.8	29.3	Modelo No lineal

3. Se pueden comparar el mérito genético aditivo de todos los animales lo cual puede ser empleado en la estrategia del programa de mejora, según los criterios de selección que se han establecido en estos genotipos. En términos prácticos este nuevo enfoque permite disponer de cuatro estimaciones de **VGE** de cada animal y las relaciones entre los mismos se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5.** Relaciones entre los VGE\* para peso a 18 meses de animales puros y cruzados estimados por diferentes modelos y con los resultados actual del Charolais.

	Modelo Multivariado		Modelo No lineal	Charolais puro
	Cruzados	Puros	Total	Actual
<b>Cruzados</b>	1	0.990	0.992	0.976
<b>Puros</b>		1	0.998	0.996
<b>Total</b>			1	0.993
<b>Actual</b>				1

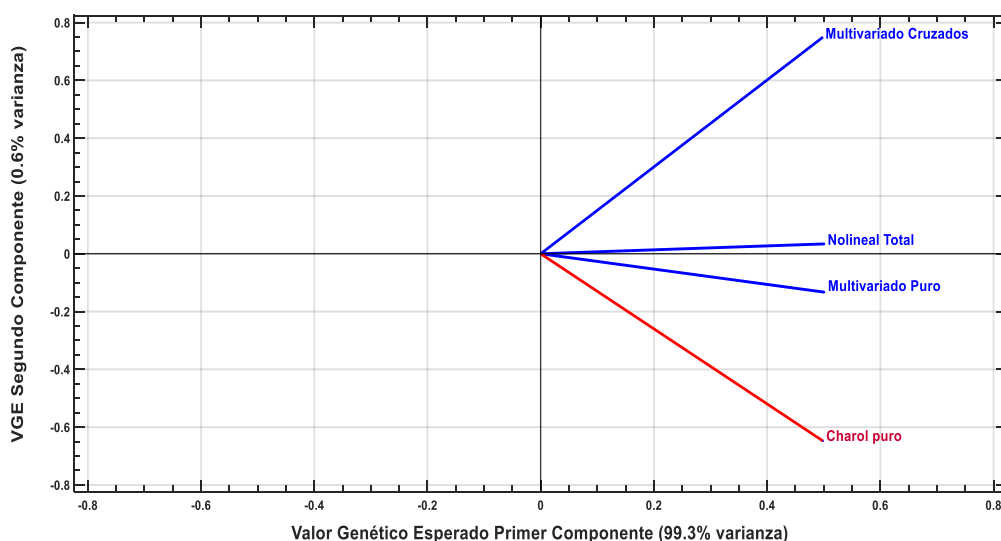
\*El número de animales comparados es de 5226 debido a que se pretende relacionar con el posible impacto sobre los resultados de la prueba actual de la raza pura, el Chacuba se incluye en animales cruzados.

Los resultados son prácticamente igual a la unidad, luego cualquiera de ellos estimados puede ser usados en el proceso de selección, no obstante, lo más adecuado es una generalización combinando los cuatro VGE, el cual puede lograrse simplemente por la media de esos estimados. No obstante, un procedimiento más formal es mediante un análisis de componentes principales (ACP) el cual hace una reducción de variables maximizando las varianzas de los rasgos básicos. La tabla 6 presenta los resultados.

**Tabla 6.** Coeficientes de eigenvector ( $ev_i$ ) del ACP de los VGE de animales puros y cruzados y de los resultados de la prueba actual del Charolais.

		Análisis de Componentes Principales			
		PC1	PC2	PC3	PC4
<b>Modelo Multivariado</b>	<b>Cruzados-VGE<sub>1</sub></b>	0.4981	0.7489	-	-0.0440
	<b>Puros-VGE<sub>2</sub></b>	0.5014	-0.1330	0.4347	0.8134
<b>Modelo no lineal</b>	<b>Total-VGE<sub>3</sub></b>	0.5014	0.0341	0.2630	-0.5255
	<b>Charolais puro</b>	<b>Actual-VGE<sub>4</sub></b>	0.4989	-0.6482	-
				0.5201	
	<b>Varianza explicada %</b>	99.3	0.06	0.01	0
	<b>Varianza Acumulada %</b>		99.9	100	

Los resultados indican que el primer componente principal (PC1) explica la mayor parte de la varianza de las cuatro estimaciones (99.3%), luego pueden combinarse y sintetizar en un solo valor el mérito genético de todos los animales en correspondencia con lo antes indicado en la tabla 5 sin pérdidas de información. El biplot de este ACP se presenta en la figura 2.



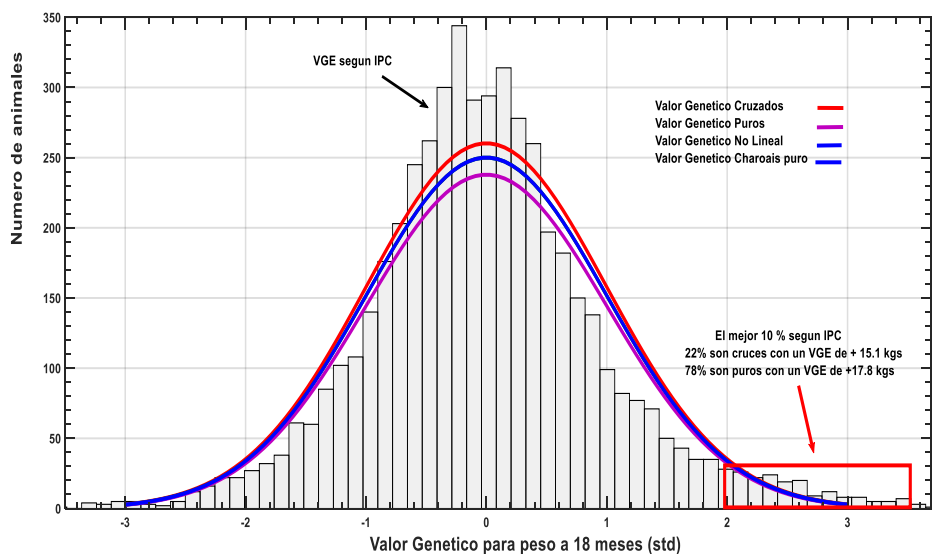
**Figura 2.** Biplot de las cuatro estimaciones del VGE en la muestra de animales puros, cruzados y del Charolais puro.

El biplot es una forma gráfica de expresar las tendencias y direcciones de los  $ev_i$  que determinan la varianza general de las cuatro estimaciones de **VGE** en la población estudiada. En este caso observe que los cuatro  $ev_i$  están ubicados en el primer PC1 que como se apuntó absorbe la mayor proporción de la varianza de los **VGE**, en otras palabras, deja fuera muy poca información relacionada con diferencias entre los métodos de estimación es por ello por lo que se considera como el vector del nivel genético general. Sin embargo, note que los  $ev_i$  correspondientes a los animales puros y el Charolais ocupan un cuadrante inferior dejando una pista de muy poco margen a posibles diferencias entre las relaciones de las pruebas en Charolais puros y el Chacuba sobre el cual se hicieron comentarios previamente. Esta posible influencia no debe pasarse por alto y debe estudiarse, utilizando un pedigrí más abarcador.

4. Los  $ev_i$  pueden emplearse como factor de ponderación de los **VGE** originales y conformar un nuevo índice subyacente (**IPC**), de la siguiente forma:

$$IPC = ev'_1 * VGE_1 + ev'_2 * VGE_2 + ev'_3 * VGE_3 + ev'_4 * VGE_3$$

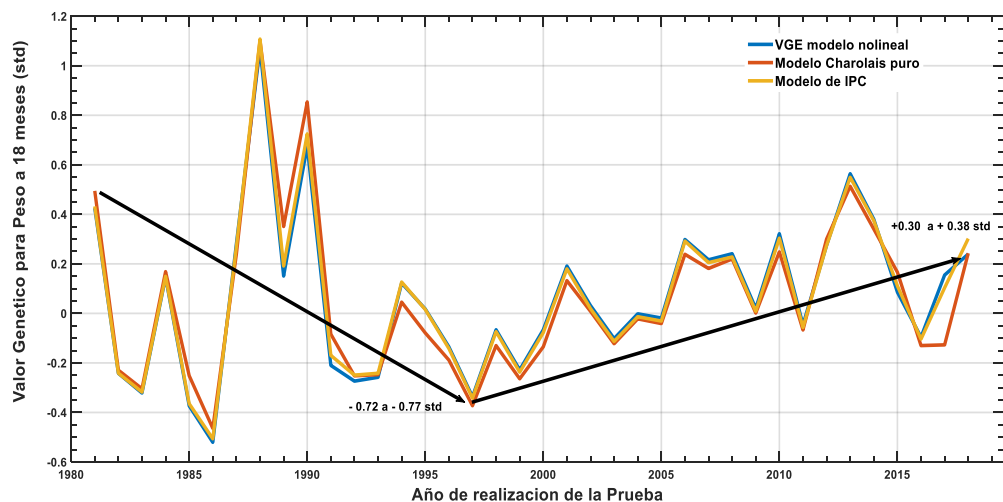
en el cual los  $ev_i$  son los correspondientes eigenvector representados en la tabla 6, mientras que los  $VGE_i$  son los valores genéticos originales estandarizados (**std**). Este **IPC** es el indicador más representativo del mérito genético de cada animal cualquiera sea el método de estimación y el genotipo a que pertenece y retiene la mayor parte de la variabilidad genética de este rasgo y esto se ilustra en la figura 3.



**Figura 3.** Distribución de frecuencia del VGE de los animales Charolas y Chacuba estimados por diferentes modelos y sintetizados en un Índice (IPC) y superioridad del mejor 10% de los animales.

Este procedimiento ha sido empleado con éxito en varios escenarios de ganado de carne, leche y es altamente recomendable en situaciones de análisis de poblaciones puras y cruzadas.

5. Durante el periodo de tiempo de realización de las PC los VGE han manifestado una tendencia global decreciente, pero con dos etapas con respuestas diferentes (figura 4).



**Figura 4.** Evolución del VGE para peso a 18 meses de los animales llevados a la PC.

Entre 1981 y 1997 decreció el nivel del **VGE** en -0.76 std (equivalente a -4.01 kg) pero posteriormente la tendencia cambio y los animales nacidos en 2018(junto a 2019) manifestaron un modesto incremento de +0.39 std (+2.03 kg), analizado globalmente el **VGE** de los animales probados decrecieron en -0.41 std (-2.08 kg). Esta tendencia no es exactamente progreso genético el cual se debe medir en función del año de nacimiento, pero este indicador de momento no estaba disponible para todos los antecesores, no obstante, es alentador los resultados de los últimos 20 años.

Como generalización de estos resultados podemos decir que los mismos indican que cualquiera de los procedimientos empleados puede ser aplicados en el programa de mejora, luego vale la pena cuestionarse las posibles ventajas. En primer término, se ha demostrado que en un contexto de poblaciones cruzadas el **VGE** estimado independientemente en la raza pura mejoradora (Charolais), tiene poco efecto directo en el **VGE** de los cruzados tipo Chacuba. Sin embargo, cuando se incorporó el pedigrí de ambos genotipos y se utilizaron modelos no lineales y multivariado, no solo se estimó la correlación genética entre animales puros y cruzados ( $r_g = 0.771$ ) que puede representar una herramienta de mucha importancia en función de la estrategia del programa de estos genotipos. Por otro lado, este enfoque posibilito estimar el nivel de la heterosis para este rasgo en esta población que resulto ser **h** = +19.6ks que representa el 6.3% del **PV<sub>18</sub>** estos dos parámetros son los primeros de este tipo obtenidos en Cuba, las perdidas por recombinación génica no fueron significativamente diferentes de cero, aunque estos resultados deben ser tomado con cautela debido al estrecho rango de variación de los coeficientes de cruzamiento (tabla 1).

El aumento en el número de animales evaluados puede tener repercusión en la posible respuesta a la selección. Considérese por ejemplo que se requieren seleccionar 160 animales para reemplazo (130 para Charolais y 30 para Chacuba) según los resultados de la **PC** y el propósito es maximizar el progreso genético en las dos poblaciones. En tales condiciones y utilizando los resultados de este estudio los resultados se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.** Respuesta Directa y Correlacionadas en peso vivo (kg) a 18 meses de edad.

Raza	N	seleccionados	i	DSg	R Directa*	R Correlacionada
Charolais	5226	130	1.96	18.8	19.42(6.3%)	12.48(4.1%)
Chacuba	1346	30	2.01	19.6	22.28(7.1%)	
<b>Total**</b>	6548	160	1.97	18.6	19.25(6.3%)	17.41(5.7%)

\*Entre paréntesis es el efecto respecto a la media en %. \*\* Se refiere al modelo multivariado.

Con los resultados de las **PC** de cada genotipo y el total del modelo multivariado, la respuesta directa a la selección se estima por  $R_x = ih_x DS_{gx}$  en la cual **i** es la intensidad de selección, **h<sub>x</sub>** es la raíz cuadrada de la heredabilidad y **DS<sub>g</sub>** es la desviación estándar genética de cada **x** genotipo (tablas 2 y 3). En términos porcentuales los resultados esperados oscilaron entre +6.3% a +7.1%, tómesese en cuenta que los animales seleccionados solo transmiten la mitad de su **VGE**, de todas formas, un incremento en modo alguno despreciable. La respuesta directa del Charolais y Chacuba solo son aplicables a sus propias poblaciones, si esa es la estrategia de selección entonces tal como se apuntó previamente, no se puede predecir con precisión el impacto en el conjunto de ambos genotipos. En tal sentido se necesitará medir la respuesta

correlacionada la cual se estima por  $RC_y = ih_x h_y r_g \sigma_{p_y}$  donde los términos tienen el mismo significado anterior pero relacionados con animales puros ( $\mathbf{x}$ ) y cruzados ( $\mathbf{y}$ ),  $\sigma_{p_y}$  es la raíz cuadrada de la varianza fenotípica total de los animales cruzados (tabla 3) y  $r_g$  es la correlación genética entre animales puros y cruzados.

Con tales elementos se estimó la respuesta correlacionada en animales puros y cruzados y los resultados indicaron (tabla 7) que el método de selección considerando los **VGE** de cada genotipo resultó el 61.1% de la respuesta directa con un estimado de +12.48 kg (esto es el resultado de la regresión  $b=0.266$  del **VGE** del Charolais sobre el Chacuba que se indicó previamente). Por su parte, cuando se aplica el enfoque multi racial la respuesta fue +17.41 kg que equivale a un incremento del 39.5% respecto al método de análisis separado de cada genotipo.

## CONCLUSIONES

- 1- El procedimiento de aplicar un modelo multi racial ha demostrado que puede producir múltiples beneficios adicionales, aunque en este ejemplo se ha limitado todas sus posibilidades pues la información disponible no contenía datos de pesos vivos a diferentes edades, los cuales pueden proporcionar una respuesta más amplia sobre la curva de crecimiento de estos genotipos.
- 2- Los resultados de este estudio han demostrado que un mismo rasgo evaluado en raza pura no corresponden con el mismo carácter en sus progenies cruzadas, aunque están correlacionados.
- 3- En programas de mejora genética donde se trata de incrementar la productividad de los animales locales mediante cruzamiento con razas especializadas, deben tomar en cuenta que los resultados del **VGE** en raza pura y en cruzamiento no son proporcionalmente equivalentes, en otras palabras, es una evidencia de interacción genotipo ambiente.
- 4- En un escenario en el cual las poblaciones cruzadas están emparentadas en diferente grado por antecesores comunes de la raza mejoradora, la evaluación conjunta mediante modelos multi variados es la opción más recomendable, la cual puede brindar resultados muy superiores con los mismos datos disponibles, respecto a la posible respuesta de un análisis individual de cada tipo de cruce.

## REFERENCIAS

- Arnold J. W., J. K. Bertrand and L. L. Benyshek, (2002). Animal model for genetic evaluation of multibreed data. *J Anim Sci* 1992. 70:3322-3332.
- Ceró Rizo, M., Guerra, D., González, D., Corvisón, R., Rodríguez, M., González, F., y Bebert, G. (2011). Crecimiento posdestete en los machos del genotipo vacuno Chacuba. *Rev. Prod. Anim.*, 23 (2): 6.

- Espinoza-Villavicencio, L., Palacios-Espinosa, A., Guerra-Iglesias, D., González-Peña, D., Ortega-Pérez, R., y Rodríguez-Almeida, F. (2008). Comparación de dos modelos para la estimación de parámetros y valores genéticos del peso en ganado Cebú. *Agrociencia* 42: 29-36.
- García Cortez, L., and Ángel Toro, M. (2006). Multibreed analysis by splitting the breeding values. *Genet. Sel. Evol.* 38 (2006) 601–615
- Gilmour, A.R.; Gogel, R.B.J.; Cullis, B.R.; Thompson, R. (2009). *Asreml User Guide Release 3.0*; VSN International Ltd.: Hemel Hempstead, UK.
- Guerra, D., Rodríguez, M., Planas, T., Ramos, F., Ortiz, J., Torres, J., y Falcón, R. (2001). Evaluación genética de las razas vacunas de carne en Cuba. *Memorias. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. La Habana, Cuba. p.1756-1759.
- Guillén Trujillo A., Guerra Iglesias, D., Ávila Serrano, N., González-Peña D., Palacios, A., de Luna, R. and Espinoza, J. (2011). Genetic parameters of growth traits in Cuban Zebu. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 45, Number (2):117-120
- Lukaszewicz M., Davis, R., Bertrand, J. K., Misztal, I., and Tsuruta S. (2015). Correlations between purebred and crossbred body weight traits in Limousin and Limousin–Angus populations. *J. Anim. Sci.*93:1490–1493
- Morales, Y., Guerra, D., Suárez, M.A., Rodríguez, M., González-Peña, D., y Ramos, F. (2013). Parámetros y tendencia genética en rasgos de crecimiento post destete de machos de la raza Santa Gertrudis. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 47, (1)7-13.
- Newman, S., Reverter, A., and Johnston D.J. (2002). Purebred crossbred performance and genetic evaluation of postweaning growth and carcass traits in *Bos indicus* × *Bos taurus* crosses in Australia. *J. Anim. Sci.* 80:1801–1808.
- Quaas, R.L., and Zhang, Z. (2006). Multibreed genetic evaluation in the US beef cattle context: Methodology. *Proc. 8th World Congr. Appl. Livest. Prod., Belo Horizonte, Brazil*. Communication 24-12 in CD.
- Vitezica, Z., Varona, L., Elsen, J.L., Misztal, I., Herring, W. and Legarra A. (2016). Genomic BLUP including additive and dominant variation in purebreds and F1 crossbreds, with an application in pigs. *Genet Sel Evol* 48:6 Page 2-8.

**CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y PRODUCTIVA DE  
EXPLORACIONES BOVINAS DE DOBLE PROPÓSITO DE PRODUCTORES  
ASOCIADOS EN COOPERATIVA, EN LAS LOCALIDADES DE TORTÍ, RÍO  
CONGO ARRIBA Y AGUA FRÍA**

**SOCIOECONOMIC AND PRODUCTIVE CHARACTERIZATION OF DUAL-  
PURPOSE CATTLE SYSTEMS OF FARMERS ASSOCIATED IN COOPERATIVE  
IN TORTI, RIO CONGO Y AGUA FRIA**

*Enrique A. Sánchez-Galán<sup>\*</sup>, Miguel I. Espinosa<sup>2</sup>, Gabriel A. Castillo<sup>2</sup>, Eliécer A. Ábrego<sup>2</sup>,  
Marilys D. Quintero<sup>1</sup>, Yira M. Díaz<sup>1</sup>, Hilario Espinosa<sup>2,3</sup>, Víctor V. Villarreal<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Desarrollo Agropecuario. Panamá ([enrique.sanchezg@up.ac.pa](mailto:enrique.sanchezg@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0002-9452-8177>; [marilys.quintero@up.ac.pa](mailto:marilys.quintero@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-8660-9113> ; [yira.diaz@up.ac.pa](mailto:yira.diaz@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0001-6187-5714>)

<sup>2</sup>Universidad de Panamá. Instituto Pro-Mejoramiento de la Ganadería (PROMEGA). Panamá ([miguel.espinosa@up.ac.pa](mailto:miguel.espinosa@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-4148-5983>; [gacd\\_81@hotmail.com](mailto:gacd_81@hotmail.com) ; [mvezeliecer@gmail.com](mailto:mvezeliecer@gmail.com); [hilario.espinosa@up.ac.pa](mailto:hilario.espinosa@up.ac.pa) <https://orcid.org/0000-0003-2005-827X>; [panama.victor.villarreal@up.ac.pa](mailto:panama.victor.villarreal@up.ac.pa))

<sup>3</sup>Sistema Nacional de Investigación (SENACYT). Panamá.

\*Correo de Correspondencia: [enrique.sanchezg@up.ac.pa](mailto:enrique.sanchezg@up.ac.pa)

Recibido: 4/01/2022

Aceptado: 21/03/2022

**RESUMEN.** Esta investigación planteó atender el problema de la precariedad de información sobre la producción pecuaria, mediante la caracterización socioeconómica y productiva de 25 explotaciones de doble propósito de ganado bovino, asociadas en cooperativa, en las localidades de Tortí, Río Congo Arriba y Agua Fría. Se estructuró un diseño observacional de corte transversal, de nivel descriptivo y basado en un enfoque de investigación mixto. Se fundamentó en el método de encuesta aplicado al propietario de la explotación. Los resultados arrojaron que el tamaño total promedio de las fincas es 96.4 ha. 80% (20) produce leche grado C y 20% (5) grado B, con una productividad media ( $\pm$ DE) de  $5 \pm 1.17$  L/vaca. El 80% (20) de las fincas se corresponden con la tipología de agricultura familiar Tipo 3 (Legislación de Panamá), el 36% (9) de las fincas identifica el ganado con numeración, mediante la técnica de arete y/o ferrete, y el 92% (23) de las fincas no lleva registros ganaderos. La mayoría (80%; 20) de los propietarios tienen una escolaridad primaria, y todos tienen acceso a las telecomunicaciones (red de teléfono móvil) y un 72% (18) tiene acceso a internet fijo o por medio de datos móviles. A pesar del importante paso de los productores para asociarse en cooperativa, se evidencia la falta de apoyo y acompañamiento interdisciplinario en temáticas dirigidas al manejo integral de sus explotaciones y al desarrollo humano de la familia.

**PALABRAS CLAVE:** Agricultura familiar, explotaciones bovinas de doble propósito, organización cooperativa, línea base diagnóstica.

**ABSTRACT.** This research proposed to address the problem of information's lack on livestock production, through the socio-economic and productive characterization of 25 dual-purpose cattle farms, associated in cooperative, in Torti, Rio Congo Arriba and Agua Fria. A descriptive, cross-sectional observational design was structured and based on a mixed research approach, based on the survey method applied to the owner of the cattle farm. The results showed that the average surface of the farms is 96.4 ha. 80% (20) produce grade C milk and 20% (5) grade B, with a mean productivity ( $\pm$  SD) of  $5 \pm 1.17$  L / cow. 80% (20) of the farms correspond to the Type 3 family farming typology (Panama's Legislation), 36% (9) of the farms identify cattle with numbers, using the earring and / or hide brand technique by hot iron, and 92% (23) of the farms does not keep livestock register records. The majority (80%; 20) of the owners have a primary education, and all have access to telecommunications (mobile phone network) and 72% (18) have access to fixed internet or through mobile data. Despite the important step of the producers to associate in a cooperative, there is evidence of the lack of interdisciplinary support aimed at the integral management of their farms and the human development of the family.

**KEYWORDS:** Peasant agriculture, Dual-purpose cattle systems, cooperative organization, baseline diagnostic.



## **INTRODUCCIÓN**

La ganadería es una importante actividad de generación de ingresos y de medio de vida de millones de personas pobres y vulnerables en los países en desarrollo y menos avanzados. Además, juega un rol fundamental en el aprovisionamiento alimentario (Herrero *et al.*, 2013, p. 14). Los ganaderos de pequeña y mediana escala de los países en desarrollo afrontan desafíos relacionados a factores ecológicos (sequías, escasez de agua y forraje), productivos (genética, alimentación y salud), económicos (falta de acceso a mercados de alto valor agregado y pobres habilidades administrativas) e institucionales (acceso muy limitado a los servicios de extensión, de asistencia técnica y de crédito agrícola) (Mapiye *et al.*, 2021, p. 3). Estos factores limitan la producción y el mejoramiento del bienestar de las familias rurales.

Los problemas de la finca y del agricultor o ganadero difícilmente pueden solucionarse atendiendo elementos individuales (Ponniiah *et al.*, 2008, p. 5), por el contrario, el enfoque debe ser integrador para considerar la interrelación entre los factores implicados. Por ejemplo, existe evidencia del impacto más significativo sobre el ingreso de los productores, cuando tienen acceso simultáneo a programas de crédito agrícola y de servicios de extensión agrícola, que cuando se acceden por separado (Moahid *et al.*, 2021, p. 14). Esto pudiera explicarse por las necesidades puntuales, pero interconectadas, que se atienden con cada programa. La extensión agrícola mejora, entre otras cosas, las capacidades humanas para implementar nuevas tecnologías, mientras que el crédito permite adquirirlas y aplicarlas, para sobrepasar las limitantes.

La asociatividad es otro factor relevante para los sistemas ganaderos de pequeña y mediana escala. Por ejemplo, las cooperativas rurales son organizaciones que tienen un alto potencial de inclusión económica y social de los pobladores rurales que, en ocasiones, se ven restringidas por la atonicidad y la dispersión de las unidades productivas, y por sus niveles de producción. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012, p. 14), la gerencia exitosa de una cooperativa se fundamenta en su salud financiera, el aseguramiento de mercados, su relación con socios comerciales, la administración del centro de acopio y la reducción de costos de operación. No obstante, el éxito de la cooperativa también depende de la productividad de los asociados y su desarrollo está en función de la calidad de la organización y del apoyo público y privado.

La falta de información actualizada, detallada y confiable es una de las mayores debilidades de los sistemas de extensión y de asistencia técnica en América Latina, especialmente, en su etapa diagnóstica. Por esta razón, se hace necesario enfatizar la relevancia de la caracterización de base para fomentar y apoyar el desarrollo, en base a evidencias. Esta investigación planteó atender el problema de precariedad de información sobre la producción pecuaria, en las localidades de Tortí, Río Congo Arriba y Agua Fría, mediante la caracterización socioeconómica y zootécnica de un grupo de fincas de doble propósito, como levantamiento de la línea base diagnóstica.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología se enmarcó en un diseño observacional de corte transversal, de nivel

exploratorio y descriptivo, y basado en un enfoque de investigación mixto, el cual se fundamenta en métodos cuantitativos y cualitativos. Tuvo el propósito de recolectar datos en un solo momento en el tiempo para cada explotación (corte transversal), del 15 de septiembre de 2020 al 9 de abril de 2021, con el fin de caracterizar las explotaciones de doble propósito de bovinos asociadas en cooperativa.

Las fincas pertenecieron a los corregimientos de Tortí, Río Congo Arriba y Agua Fría, ubicados en las provincias de Panamá y Darién, incluyendo quince comunidades; en la tabla 1 se plasma la división político-administrativa de cada una.

**Tabla 1.** *Localidades de estudio.*

Provincia	Distrito	Corregimiento	Comunidades
Panamá	Chepo	Tortí	Cañazas, Palmas Bellas, La Guágara, Ipetí, Ipetí Colono, El Porvenir, Guacuco, Playa Chuzo, Pigandí, El Nazareno, Higueral Cabecera
Darién	Santa Fe	Agua Fría Río Congo Arriba	Agua Fría N°2 Valle Rico, Río Venao

### **Población de estudio**

El estudio es descriptivo, no inferencial y se limitó a caracterizar 25 fincas de asociados activos de una cooperativa de producción de leche bovina y carne, (en sistemas doble propósito); se enfocó en captar la realidad socioeconómica y productiva de las explotaciones.

### **Recolección de los datos**

La recolección de los datos (textos y números) se fundamentó en la aplicación de un instrumento de encuesta impreso, conformado por aspectos socioeconómicos y zootécnicos, y prediseñado en función de la experiencia del equipo de investigación. El instrumento se aplicó *in situ* al propietario de la finca; también, parte de la recolección de los datos se basó en la observación directa y en las entrevistas realizadas durante las visitas de campo.

La encuesta se constituyó en 5 categorías y 30 variables, de tipo escrita y con una estructura técnica socioeconómica y zootécnica. Para el entendimiento del encuestado se simplificaron los tecnicismos al formular los enunciados, con el fin de hacerla entendible por el encuestado; el lenguaje español fue el sistema de comunicación para la recolección de la información. Las preguntas se realizaron de manera directa y personalizada, mediante la técnica “cara a cara”, la cual consiste en la formulación de las preguntas y la anotación de las respuestas del encuestado por parte del encuestador (Ruiz, 2009, pp. 97-107; Quispe y Sanchez, 2011).

Cada categoría de la encuesta se relacionó a un conjunto de variables, las cuales se detallan a continuación:

#### A. Características socioeconómicas

- Ubicación geográfica de la residencia (georreferenciada a través de GPS de mano marca *Garming eTrex30*); condiciones de la vivienda; servicios básicos; número de integrantes de la familia; ayudas sociales recibidas; edad del responsable; grado de escolaridad; número de trabajadores.

#### B. Agricultura familiar

- Características de la agricultura familiar (*Ley 127 de 3 de Marzo de 2020. Que Dicta Medidas para el Desarrollo de la Agricultura Familiar en Panamá, 2020*)
- C. Apoyo a la producción
- Financiamiento; asistencia técnica; capacitaciones pecuarias.
- D. Características de la explotación agropecuaria
- Ubicación geográfica de la finca; tamaño de la explotación; tipo de cerca; topografía el terreno; tipo de fuentes de agua
- E. Características pecuarias
- Instalaciones ganaderas; divisiones del potrero; pasturas; fertilización de pasturas; maquinaria y equipo; manejo zootécnico; suplementación en la época seca; salud animal; manejo reproductivo; número de animales; declaración de productividad.

### **Tabulación de los datos**

Luego de la compilación de los instrumentos de encuesta se procedió a la tabulación, la cual consistió en la carga de los datos recolectados. La tabulación se realizó en el programa Microsoft Excel. Se creó un manual del codificador para vincular la etapa de recolección de datos y la carga de datos en un programa informático, según lo expuesto por Ceydric (2015, p. 200); cada elemento de encuesta fue codificado en función del tipo de pregunta, las cuales representan variables categóricas de selección y variables numéricas y de texto de entrada.

### **Análisis de los datos**

Los datos obtenidos de la encuesta fueron analizados haciendo uso del paquete estadístico Jamovi 1.6 (R Core Team, 2020; The Jamovi Project, 2021), principalmente, para describir, visualizar y resumir las características de las fincas. Se recurrió a los procedimientos de estadística descriptiva y a la visualización gráfica para resumir las evidencias halladas en la investigación (Rendón-Macías *et al.*, 2016, p. 406). Se determinaron medidas de tendencia central, de dispersión y tablas de frecuencias, además de análisis relacionales entre variables categóricas; además se incluye la revisión documental y el análisis comparativo de las características recolectadas en campo y lo relativo en la literatura.

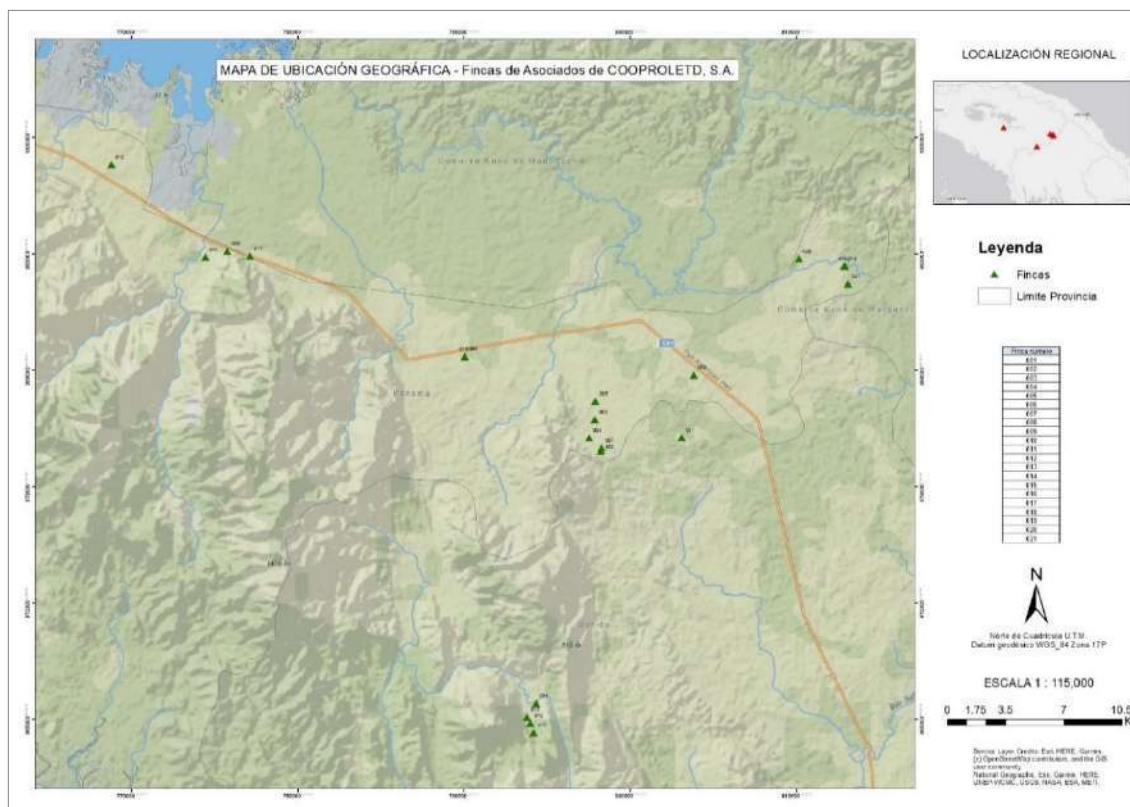
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Características socioeconómicas**

Los encuestados forman parte de la Cooperativa de Productores de Leche de Tortí y Darién (COOPROLETD, R. L.), la cual fue fundada en 2017, como una organización voluntaria y democrática entre productores de leche, los cuales acordaron un sistema de producción, acopio y venta de leche de vaca. La cooperativa es rural y se dedica a la actividad de producción agropecuaria, sin adentrarse en la agregación de valor mediante la vía artesanal o agroindustrial.

El 72% (18) de las explotaciones encuestadas pertenecen al corregimiento de Tortí, 20% (5) a Río Congo Arriba y 8% (2) a Agua Fría. El 52% (13) tiene una edad entre los 51 y 60 años

el 24% (6) una edad entre los 41 y 50, el 16% (4) mayor de 61 años, 4% (1) entre los 31 y 40 años y 4% (1) ente los 21 y 30 años. Esta realidad es similar a la captada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2011), en el VII Censo Agropecuario, donde se determinó que el 40.71% de los productores nacionales tienen una edad superior de los 55 años. Además, el 2.05% de ellos presentó una edad inferior a los 24 años.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las explotaciones encuestadas.

A nivel nacional, los productores de más de 65 años pasaron de representar el 15.84% en 1990, a 17.45% en 2000 y a 21.99% en 2010, mientras que los menores de 24 años de 4.18% en 1990, a 3.55% en 2000 y a 2.81% el 2010 (INEC, 2013). Al comparar las cifras de los Censos Agropecuarios de 1990, 2000 y 2010 la tendencia generalizada es la del envejecimiento de los productores, incluyendo los corregimientos de estudio.

La mayoría (80%; 20) de los propietarios de las fincas tienen una escolaridad primaria, 12% (3) secundaria, 4% (1) técnica y 4% (1) universitaria. Los resultados se asemejan a los resultados de los dos últimos censos agropecuarios, ya que para el 2000 los productores con escolaridad primaria, completa e incompleta, representaban 81.08% en el 2000 y 78.10% en 2010 (INEC, 2013).

En cuanto a las condiciones estructurales de la vivienda, el 56% (14) reside en viviendas de cemento, mientras que el 44% de madera. Para el área rural, la medición de pobreza en Panamá, en cuanto a la precariedad de la vivienda, no considera la vivienda de estructura de madera como una condición precaria, tampoco el uso de letrinas, pero sí la carencia de agua

mejorada para beber y el uso de la combustión (velas, querosín, diésel, etcétera) para el alumbrado (PNUD, 2020). En ese sentido, el 68% (17) tiene electricidad, 72% (18) cuenta con agua potable y 68% (17) tiene servicio higiénico y el resto dispone de letrinas.

Todos tienen acceso a las telecomunicaciones (red de teléfono móvil) y un 72% (18) tiene acceso a internet fijo o por medio de datos móviles. Esto puede representar una condición favorable para transferir y difundir información sobre el clima, precios de insumos, oportunidades de fondos para el desarrollo de proyectos, programas para mejorar la comunicación de las acciones cooperativas, etcétera, con el fin de ser promovidas por las instituciones de apoyo y fomento.

Con respecto a los sistemas de protección social percibidos por los productores y su familia, 12% (3) recibe la ayuda social de \$120 a los ancianos no jubilados ni pensionados, el 8% (2) recibe ayuda del programa Ángel Guardián, el 36% (9) se beneficia de la Beca Universal, 12% (3) de Red de Oportunidades y el 4% (1) de Redes Territoriales. De hecho, estos programas se clasifican bajo el régimen de asistencia social, en donde los beneficiarios no requieren cotización directa para percibir las prestaciones, y suelen financiarse por los ingresos del Estado, mediante sus políticas.

Existe evidencia sobre el éxito de complemento coherente entre los programas de protección social y los de apoyo y fomento de la actividad agropecuaria (OIT & FAO, 2021). Según Davies *et al.* (2008), las políticas agropecuarias ayudan a mejorar las condiciones de los habitantes rurales en vulnerabilidad, en cuanto a sus medios de vida, pero si se complementasen con la adecuada protección social, no solo coadyuvaría a expandir sus activos, sino a emplearlos de forma eficiente en actividades de mayor retorno. Esta sinergia permite cubrir necesidades básicas de la familia y disponer de ingresos para invertirlos en las actividades agrícolas y no agrícolas (FAO, 2015).

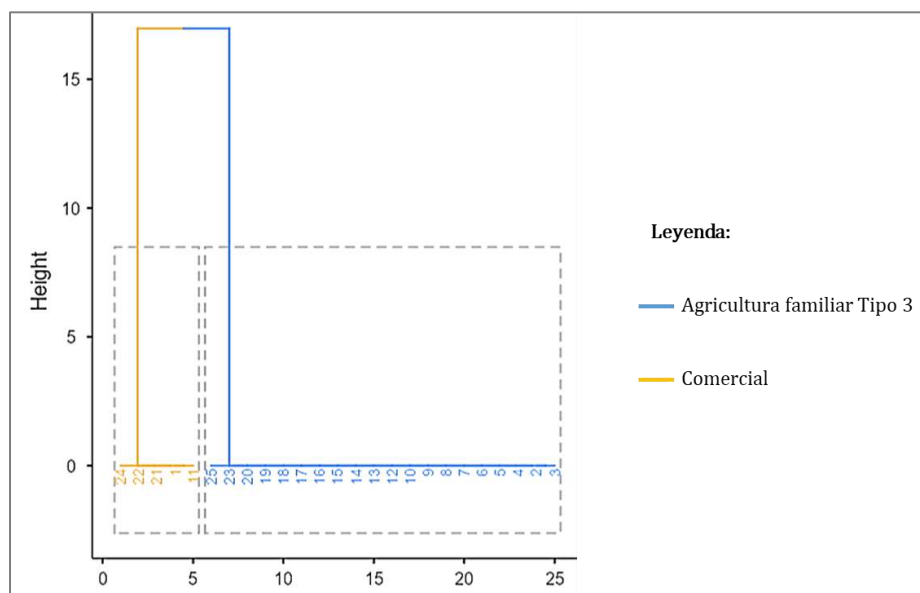
### Agricultura familiar

Los sistemas de agricultura familiar son formas de organizaciones socioproductivas basadas en la familia y en los aspectos historico-culturales (Sánchez-Galán, 2020, p. 33). La normativa panameña clasifica los tipos de agricultura familiar en tres categorías (Tipo 1, 2 y 3) según criterios relacionados a la gestión familiar, empleo de la mano de obra familiar y/o contratada, ingresos y comercialización (*Asamblea Nacional*, 2020).

**Tabla 2.** Criterios para la clasificación de los agricultores familiares, según tipos.

<i>Criterios</i>	<i>Variable categórica</i>	<i>Posibles valores</i>
Utiliza predominantemente la mano de obra de la propia familia.	Mano de obra	
No contrata trabajadores permanentes. Sin embargo, puede contratar trabajadores eventuales.	Trabajadores	
Los ingresos de la familia provienen predominantemente de la unidad productiva.	Ingresos	Cumple (1); No cumple (0)
Produce solo para el consumo de la familia.	Producción_T1	
Produce para vender pequeñas cantidades ocasionalmente en el mercado local o a intermediarios.	Producción_T2	
Produce para vender y tiene vínculos estables (habituales) con el mercado o con los intermediarios.	Producción_T3	

Al aplicar los criterios en el estudio de los asociados a la Cooperativa, el 80% (20) de las fincas se corresponden con la tipología de agricultura familiar Tipo 3, ya que utilizan predominantemente la mano de obra de la propia familia, no contratan trabajadores permanentes y producen para vender, mediante vínculos comerciales estables, establecidos por la acción cooperativista. Las fincas restantes (5) se diferencian por la contratación de trabajadores permanentes; en la figura 2 se observa el agrupamiento en dos *clusters*, al considerar seis variables categóricas, resultantes de los criterios de agricultura familiar.



**Figura 2.** Dendrograma de clasificación de variables categóricas de agricultura familiar.

### **Apoyo a la producción**

El 52% (13) de los propietarios cuenta con financiamiento público de bancos estatales. Un 20% (5) tiene compromisos crediticios con la banca privada y el 24% (6) tiene financiamiento de la cooperativa. El 36% (9) declararon haber recibido asistencia técnica pública; ninguno recibe asistencia técnica privada. Un 44% (11) declaró haber participado de capacitaciones pecuarias.

### **Características de la explotación agropecuaria**

El 16% (4) tiene tractor, ninguna finca cuenta con motocultor, el 64% (16) tiene picadora de pasto, el 40% (10) tiene bomba a motor, el 88% (22) tiene motobomba y todos tienen bomba de mochila.

El 76% (19) tiene disponibilidad de pasto en la estación seca, un 44% (11) realiza ensilaje y un 12% (3) la henificación para la suplementación. 32% (8) utiliza el sorgo y 8% (2) la caña de azúcar. El 28% (7) tiene río dentro de la finca, el 60% (15) quebradas, 68% (17) lago, 12% (3) pozo y 40% (10) de acueducto.

### **Características pecuarias**

El 36% (9) de las fincas identifica el ganado con numeración, mediante la técnica de arete y/o ferrete. Este bajo porcentaje dificulta el empleo de registros ganaderos como elemento fundamental para la administración del hato. A pesar de la amplia divulgación de su importancia, el 92% (23) de las fincas no lleva registros ganaderos. Inclusive, inferior a lo evidenciado por Martiz & Vergara (2004, p. 26), quienes reportaron porcentajes del orden del 44% en fincas situadas en las subcuencas los Hules-Tinajones y Caño Quebrado, pertenecientes a la Cuenca del Canal de Panamá, un territorio de considerable atención política e institucional.

La brecha (92%:44%) entre ambos casos denota que existe una asimetría en la operación de los instrumentos de políticas públicas y su locación, estando en desventaja, las comunidades que *a priori* tienen poca relevancia socioeconómica y ambiental. En 2007, se estableció un plan de acción para el sector lácteo en Panamá y, entre las acciones, se precisó el mejoramiento de la capacidad gerencial para la administración de fincas, a través de registros técnicos y contables (MIDA y IICA, 2007, p. 23). Posteriormente, en 2012 se instauró una acción prioritaria para el fortalecimiento de las capacidades gerenciales de las asociaciones vinculadas a la producción de leche en Panamá, incluyendo las cooperativas (Guevara, 2012, p. 25). Empero, una década después siguen existiendo las mismas limitantes.

Según Diosa (2013), la implementación de los sistemas de registros pecuarios parte de la eficiente identificación y levantamiento de la información de los animales y de la explotación. De esta manera, se construye el control individual y grupal sobre los parámetros productivos y reproductivos de la finca. Existe evidencia cuantitativa sobre la relación entre la precariedad de registros reproductivos y la baja productividad. Avilez *et al.* (2010, p. 77), en su estudio de caracterización de explotaciones lecheras en Vilcún (Chile), encontraron una asociación entre la falta de registros reproductivos y los niveles de producción de leche más bajos por animal. Por el contrario, encontraron una asociación entre el uso de registros reproductivos y los niveles de producción más altos.

Los registros ganaderos son una herramienta para el manejo de la explotación en términos de definición del secado, la preñez y parición, y el manejo según la condición corporal, en términos de salud y alimentación. Además, estos son la base para los registros contables, los cuales pueden considerarse como una categoría administrativa. Sin embargo, existen escasas evidencias sobre el dominio del conocimiento administrativo en explotaciones ganaderas tradicionales.

Esta limitante es bien conocida en Panamá, y es una línea de acción por atender, con el fin de incrementar la productividad y el mejoramiento de la calidad de vida de los ganaderos y sus familias. No obstante, en países vecinos también se comparte la falta de capacidad administrativa. Astaíza Martínez *et al.* (2017, p. 37) caracterizaron los sistemas de producción lechera del valle de Sibundoy (Colombia), al analizar 135 explotaciones lecheras, el 83.7% mostró no llevar registros contables, lo cual es una limitación para la estimación de la rentabilidad y la toma de decisiones.

El tamaño total promedio de las fincas es 96.4 ha, con una mediana es de 50 ha, un máximo de 400 ha y un mínimo de 6 ha; el 48% de las fincas tiene un tamaño superior de 50 ha. Sin

embargo, al segregar las áreas destinadas a la ganadería bovina, el promedio es de 80.8 ha, mediana de 43 ha, un máximo de 360 ha y un mínimo de 6 ha. 28% (7) de las fincas se dedica a actividades ganaderas y agrícolas, el resto (72%, 18) solamente se dedica a la ganadería. En promedio, el 88% ( $\pm 16.38$ ) del área de las fincas se destina a la ganadería. Estas cifras confirman la relevancia de la ganadería bovina para la creación de empleo y la generación de ingresos de los asociados.

En cuanto a la organización de los espacios de pastoreo, el 100% (25) utiliza las cercas de púas, solo el 16% (4) cuenta con cercas eléctricas. El 16% (4) aplica fertilizantes frecuentemente a las pasturas. El 60% (15) cuenta con galera de ordeño con piso de concreto y el 40% (10) de tierra, el 92% (23) tiene corral, el 80% (20) tiene chutra, ninguno de los productores tiene brete, el 36% (9) tiene depósito, el 84% (21) tiene salero, el 88% (22) tiene comedero y el 64% (16) tiene bebedero.

El 96% (24) aplica vacunación, todos aplican la desparasitación externa mediante baños, el 96% (24) la desparasitación interna vía oral. Todos rotan los productos desparasitantes. El 92% (23) aplica vitaminas inyectables, el 36% (9) realiza muestreo de sangre, el 80% (20) proporcionan minerales a sus animales, el 24% (6) utiliza minerales inyectables.

El 100% emplea la monta natural, un 4% (1) ha tenido experiencia con la inseminación artificial y un 20% (5) aplica la palpación. El 64% (16) aplica el descorne y 8% (2) la castración. El 12% (3) de las fincas no establece un tiempo específico para el destete, sino que se basa en el destete natural de los animales. El resto los aplica con una moda de 8 meses; el destete intencional más precoz se realiza a los 6 meses y el más prolongado a los 10 meses.

En Panamá, la leche cruda se clasifica en tres categorías según el recuento de bacterias, la presencia de residuos de antibióticos y refrigeración en planta de ordeño. La leche grado A presenta un recuento de bacterias no mayor de 200,000 / ml, no contiene residuos de antibióticos y mantiene una temperatura no mayor de 10 °C en planta y durante su transporte hasta su pasteurización. La leche grado B tiene un recuento de bacterias no mayor de 1,000,000 / ml y no contiene residuos de antibióticos. Por último, la leche industrial, conocida comúnmente como grado C, es la que no cumple con los criterios de clasificación de la leche grado A y B (INEC, 2020).

El 80% (20) de las fincas produce leche grado C y 20% (5) grado B, con una productividad media ( $\pm DE$ ) de  $5 \pm 1.17$  L/vaca, con una mediana de 5 L/vaca, un máximo de 7 L/vaca y un mínimo de 2.74 L/vaca. Estos resultados se aproximan a los hallados por De León *et al.* (2018) en la provincia de Bocas del Toro, donde la productividad fue de  $4.94 \pm 1.93$  para el grupo más productivo; también, se encuentra cercana de lo reportado por Ríos *et al.* (2015) en el distrito de Los Santos, con respecto a la mediana de 6 L/vaca para la época lluviosa y de 3 L/vaca para la época seca.

## CONCLUSIONES

Rodríguez (2014, p. 67) expone que en el caso latinoamericano existen experiencias positivas sobre la aplicación y el desarrollo del modelo cooperativista, apoyado por el Estado, la



academia y agentes del mercado. Sin embargo, también existen casos de cooperativas con nulo o poco acompañamiento institucional, como es el caso de los asociados de la organización estudiada.

A pesar del importante paso de los productores para asociarse, se evidencia la falta de apoyo y acompañamiento interdisciplinario en temáticas dirigidas al manejo integral de sus explotaciones y al desarrollo humano de la familia. Es indispensable considerar los resultados como insumos de línea base diagnóstica para futuros proyectos de intervención de desarrollo de la Cooperativa y de sus asociados.

Frecuentemente, los proyectos de intervención se desarrollan al margen de la metodología científica, en cuanto a la evaluación de los impactos en base a indicadores. Por lo tanto, se debe procurar la sinergia secuencial, entre la investigación y la extensión, prioritariamente en la etapa diagnóstica, para el logro y la evaluación de los objetivos de desarrollo de un proyecto de intervención.

Es a través del análisis de la información, previo a la intervención de extensión, que las acciones posteriores pueden ser alineadas a las necesidades delimitadas. Posteriormente, los resultados del análisis *ex ante facto* y *ex post facto* a la intervención serán el insumo para la medición impacto del proyecto de extensión. La caracterización es el primer insumo para estructurar proyectos de intervención eficaces.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este proyecto de investigación se hizo posible gracias a la participación de equipo de trabajo de los investigadores y de profesionales la Finca La Porcelana, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y del Instituto Pro-Mejoramiento de la Ganadería (PROMEGA) de la Universidad de Panamá. Se extiende una mención especial de agradecimiento a los productores asociados activos de COOPROLETD, R.L., por contribuir con la investigación y el desarrollo de la región.

## **REFERENCIAS**

Ley 127 de 3 de marzo de 2020. Que dicta medidas para el desarrollo de la agricultura familiar en Panamá, (2020) (testimony of Asamblea Nacional). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/pan193651.pdf>

Astaíza Martínez, J. M., Muñoz Ordóñez, M. R., Benavides Melo, C. J., Vallejo Timarán, D. A., & Chaves Velásquez, C. A. (2017). Caracterización técnica y productiva de los sistemas de producción lechera del valle de Sibundoy, Putumayo (Colombia). *Revista de Medicina Veterinaria*, 34, 31–43. <https://doi.org/10.19052/mv.4253>

Avilez, J. P., Escobar, P., von Fabeck, G., Villagran, K., García, F., Matamoros, R., & García Martínez, A. (2010). Caracterización productiva de explotaciones lecheras

empleando metodología de análisis multivariado. *Revista Científica*, 20(1), 74–80.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592010000100011&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000100011&lng=es&tlng=es).

Ceydric, M. (2015). Las encuestas: Herramientas necesarias de los estudios socioterritoriales: Un relato metodológico a partir de encuestas de migraciones desarrolladas en el Sur Boliviano. In *La dimensión espacial en las Ciencias Sociales* [recurso electrónico (pp. 179–203)]. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01252060>

Davies, M., Guenther, B., Leavy, J., Mitchell, T., & Tanner, T. (2008). ‘Adaptive Social Protection’: Synergies for Poverty Reduction. *IDS Bulletin*, 39(4), 105–112. <https://doi.org/10.1111/J.1759-5436.2008.TB00483.X>

De León, R., Thomas, G., & Castillo, O. (2018). Caracterización y tipificación de pequeñas fincas doble propósito de la provincia de Bocas del Toro - Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 29, 13–40. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/51/110>

Diosa, J. (2013). Diseño y evaluación de registros sistematizados para pequeños y medianos productores agropecuarios del departamento de Antioquia [Corporación Universitaria Lasallista]. [http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1491/1/Registros\\_sistematizados\\_pequenos\\_medianos\\_productores\\_agropecuarios\\_Antioquia.pdf](http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1491/1/Registros_sistematizados_pequenos_medianos_productores_agropecuarios_Antioquia.pdf)

FAO. (2015). The State of Food and Agriculture 2015 (SOFA): Social Protection and Agriculture: Breaking the Cycle of Rural Poverty. <https://www.fao.org/3/i4910e/i4910e.pdf>

FAO, & CEPAL. (2012). Cooperativas campesinas y seguridad alimentaria: Un modelo vigente. <http://www.fao.org/3/i3078s/i3078s.pdf>

Guevara, D. (2012). Desafíos para la consolidación de la cadena de leche. *Cadena Agroalimentaria de La Leche*, 31. <https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/leche2012.pdf>

Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S., & Rufino, M. C. (2013). The roles of livestock in developing countries. *Animal*, 7(SUPPL.1), 3–18. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001954>

INEC. (2011). Cuadro 1. Productores agropecuarios en la república, por grupos de edad, según provincia y comarca indígena: Censo Agropecuario de 2011. <https://www.inec.gob.pa/archivos/P3641Cuadro1.pdf>

INEC. (2013). Sistema Integrado de Indicadores para el Desarrollo. Acceso Al SID. [http://190.34.178.21/redpan/sid/acceso\\_sid.html](http://190.34.178.21/redpan/sid/acceso_sid.html)

- INEC. (2020). Conceptos y definiciones. Industria: año 2020. [https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520211001142503Conceptos y definiciones.pdf](https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520211001142503Conceptos_y_definiciones.pdf)
- Mapiye, O., Makombe, G., Molotsi, A., Dzama, K., & Mapiye, C. (2021). Towards a revolutionized agricultural extension system for the sustainability of smallholder livestock production in developing countries: The potential role of ICTs. *Sustainability (Switzerland)*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/SU13115868>
- Martiz, G., & Vergara, L. (2004). Caracterización de la actividad ganadera en las subcuencas de Los Hules-Tinajones y Caño Quebrado. 71. <http://www.cich.org/publicaciones/06/caracterizacion-zootecnica-y-ambiental-de-la-ganaderia.pdf>
- MIDA, & IICA. (2007). Plan de acción para el sector lácteo de Panamá. Oficina del IICA en Panamá. <http://repiica.iica.int/docs/B0500e/B0500e.pdf>
- Moahid, M., Khan, G. D., Yoshida, Y., Joshi, N. P., & Maharjan, K. L. (2021). Agricultural credit and extension services: Does their synergy augment farmers' economic outcomes? *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/SU13073758>
- OIT, & FAO. (2021). Extender la protección social a las poblaciones rurales: perspectivas para un enfoque común de la FAO y la OIT. <https://doi.org/10.4060/cb2332es>
- PNUD. (2020). Índice de Pobreza Multidimensional (IPM-C). A nivel de distritos y corregimientos, usando los Censos de Población y Vivienda de Panamá.
- Ponniah, A., Puskur, R., Workneh, S., & Hoekstra, D. (2008). Concepts and practices in agricultural extension in developing countries: A source book. <https://core.ac.uk/download/pdf/132630922.pdf>
- Quispe, D., & Sanchez, G. (2011). Encuestas y entrevistas en investigación científica. *Revista de Actualización Clínica*, 10, 490–494. [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v10/v10\\_a09.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v10/v10_a09.pdf)
- R Core Team. (2020). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.0) [Computer software]. <https://cran.r-project.org>
- Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 64(4), 397–407. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i4.230>
- Ríos, L., Espinosa, J., & Hassan, J. (2015). Caracterización del manejo en el ordeño de sistemas doble propósito del distrito de Los Santos. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 3(2), 5–19. <https://revistas.usma.ac.pa/ojs/index.php/ipc/article/download/47/46/>
- Rodríguez, C. C. N. (2014). Asociaciones y cooperativas rurales: Factores internos y externos

- que influyen en su estabilidad y eficiencia. Una reflexión sobre el caso de Viotá, Cundinamarca. *Conocimiento y Reflexión*, 22(104), 63–81. <https://doi.org/10.16925/co.v22i104.971>
- Ruiz, A. (2009). Método de encuesta: construcción de cuestionarios, pautas y sugerencias. *Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 2(2), 96–110. <https://doi.org/10.1344/reire2009.2.2226>
- Sánchez-Galán, E. A. (2020). Pobreza rural y agricultura familiar: Reflexiones en el contexto de América Latina. *Semilla Del Este*, 1(1), 27–35. [https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla\\_este/article/view/2021/1728](https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2021/1728)
- The Jamovi Project. (2021). *jamovi*. (Version 1.6) [Computer Software]. <https://www.jamovi.org>.

## EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS DE LA HARINA DE SOYA PARA ALIMENTACIÓN AVÍCOLA Y PORCINA, DE ACUERDO CON EL PAÍS DE ORIGEN

### EVALUATION OF THE AMINO ACID CONTENT OF SOYBEAN MEAL FOR POULTRY AND PIG FEED, ACCORDING TO THE COUNTRY OF ORIGIN

Mario Arjona-Smith<sup>1</sup>\*, Liz B. Chino V.<sup>2</sup>, Juan E. Moscoso M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá (mario.arjona@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6100-1731>)

<sup>2</sup>Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Ciencias Agrarias. Perú (liz.chino@unsaac.edu.pe <https://orcid.org/0000-0002-6322-7371>; juan.moscoso@unsaac.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-5884-9718>)

\*Correo de Correspondencia: mario.arjona@up.ac.pa

Recibido:10/02/2022

Aceptado:28/03/2022

**RESUMEN.** Se evaluó la composición química, contenido de aminoácidos y solubilidad de la proteína de la harina de soya procedentes de Brasil (n = 124), Argentina (n = 97), Bolivia (n = 92) y Paraguay (n = 92), de una base de datos de análisis efectuados en laboratorio de bromatología. Se encontró diferencias en el contenido de los compuestos nitrogenados estudiados en función al país de origen; el contenido de proteína cruda varió de 45.92%, 47.90%, 47.35%, 46.57% para los países de Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay respectivamente y fue mayor en las harinas provenientes de Bolivia y Brasil, pero la solubilidad de la proteína, el contenido de lisina y metionina como % de la proteína, fue mejor en las harinas Argentinas (6.12% y 1.38% respectivamente); como porcentaje de la harina, las muestras provenientes de Bolivia tienen el mayor contenido de aminoácidos. De los modelos de predicción del contenido de aminoácidos, el de la Lisina ( $Y = 0.7461 + 0.0450 \%PC$ ), Triptófano ( $Y = 0.0011 + 0.0143 \%PC$ ), Cistina ( $Y = 0.1066 + 0.0128 \%PC$ ) y Metionina ( $Y = 0.1052 + 0.0114 \%PC$ ) tienen una alta precisión y adecuada relación lineal. El contenido nutricional, calidad de la proteína y contenido de aminoácidos de la harina de soya varían de acuerdo con su país de origen.

**PALABRAS CLAVE:** Aminoácidos, solubilidad de la proteína, valor nutricional, harina de soya.

**ABSTRACT.** The chemical composition, amino acid content and protein solubility of soybean meal from Brazil (n = 124), Argentina (n = 97), Bolivia (n = 92) and Paraguay (n = 92) from a database of analyzes carried out in the bromatology laboratory were evaluated. Differences were found in the content of the nitrogenous compounds studied depending on the country of origin; the crude protein content varied from 45.92%, 47.90%, 47.35%, 46.57% for the countries of Argentina, Bolivia, Brazil and Paraguay respectively and was higher in the meals from Bolivia and Brazil, but the solubility of the protein, the Lysine and Methionine content as % of protein, was better in Argentine meals (6.12% and 1.38% respectively); As a percentage of the flour, the samples from Bolivia have the highest amino acid content. The amino acid content prediction models, Lysine ( $Y = 0.7461 + 0.0450 \%PC$ ), Tryptophan ( $Y = 0.0011 + 0.0143 \%PC$ ), Cystine ( $Y = 0.1066 + 0.0128 \%PC$ ) and Methionine ( $Y = 0.1052 + 0.0114 \%PC$ ) have high precision and good linear relationship. The nutritional content, protein quality and amino acid content of soybean meal vary according to its origin.

**KEYWORDS:** Amino acids, solubility of protein, nutritional value, soymeal flour.

## INTRODUCCIÓN

La avicultura y la porcicultura son sectores de la producción animal que presentan un alto avance científico y tecnológico a nivel mundial. Las mejoras genéticas realizadas, hacen que los animales presenten mejores desempeños productivos, pero a la vez mayores exigencias nutricionales. En la actualidad en la producción avícola y porcina se habla de nutrición de precisión, misma que según Paulino (2017), se define como ofrecer al animal una alimentación que cumpla con exactitud sus requerimientos nutricionales para la eficiencia productiva óptima y obtener productos de origen animal de mejor calidad para los consumidores, contribuyendo a un medio ambiente más limpio y a asegurar la competitividad de los productores.

Considerando que el alimento representa los mayores costos en la alimentación de estas especies animales, siendo la energía y proteína los de mayor impacto (Cerrate *et al.*, 2010), existe la necesidad de optimizar la utilización de los ingredientes y para ello el adecuado conocimiento de su composición nutricional (entre ellos la proteína y aminoácidos) es de suma importancia (Soomro *et al.*, 2018). La harina de soya es la principal fuente de proteína en dietas para aves y cerdos, a dicha harina, generalmente se le analiza para conocer su contenido de fibra cruda, proteína bruta y la actividad ureásica, prestando poca atención a factores como el origen, genotipo, tipo de suelo, prácticas agronómicas y condiciones ambientales, mismas que también afectan la composición del frijol de soya observándose variaciones en el contenido de proteína cruda y aminoácidos en función a su lugar de procedencia (Karr-Lilienthl *et al.*, 2004; García-Rebollar *et al.*, 2016). Sobre esto Ravindran *et al.*, (2014) indican que el perfil de aminoácidos de la harina de soya varía según el origen puesto que las soyas provenientes de Estados Unidos y Argentina, contienen mayor cantidad de lisina y aminoácidos azufrados totales si se compara con la soya proveniente de Brasil; Thakur & Hurburgh (2007), concluyeron que la harina de soya proveniente de Estados Unidos presenta un perfil de aminoácidos y digestibilidad superior a las harinas provenientes de Sudamérica.

Dietas altas en proteína generan impactos sobre la salud de los animales y también sobre el ambiente; la reducción de la proteína dietaria puede reducir la contaminación por nitrógeno y reducir la pérdida de energía (Pedersen *et al.*, 2019) al mejorar la eficiencia de utilización del nitrógeno se impacta en la respuesta productiva, cuando se maneja adecuadamente el balance de aminoácidos (Zaman *et al.*, 2008; Kamran *et al.*, 2011; Laudadio *et al.*, 2012), mejorando la eficiencia del uso de nitrógeno y la deposición de proteína corporal (Eits *et al.*, 2002; Musigwa *et al.*, 2020); sin embargo esta reducción puede conllevar a una pobre respuesta productiva (Hilliar *et al.*, 2020), que puede ser atribuida a una limitada disponibilidad de los aminoácidos (Dean *et al.*, 2006), este efecto ha sido observado en diferentes condiciones, cuando se reduce hasta en un 70% el nivel de aminoácidos azufrados en gallinas de postura, en las que el crecimiento, desarrollo óseo, mineralización y consumo de alimento se ve afectado (Castro *et al.*, 2020).

Para lograr una nutrición de precisión es necesaria la formulación exacta de raciones, empleando el concepto de proteína ideal con el cual los aminoácidos de la dieta cubren los aminoácidos requeridos por el animal, sin excesos ni déficit, considerando factores como: genética, alimentación, ambiente y valor nutricional para el cual se utiliza el análisis proximal y el NIRS (Near-Infrared Spectroscopy) (Paulino, 2017).

Formular concentrados en los cuales no se considera el valor exacto real de cada componente nutricional, lleva a obtener dietas que, aunque se aproximan bastante bien al requerimiento de los animales, no logran suplir de manera exacta cada nutriente causando problemas de desbalance que traen consigo consecuencias que afectan la producción, y tomando en consideración que las estrategias alimenticias en cerdos y aves en la actualidad tienen una nueva percepción al tomar en cuenta los problemas ambientales actuales relacionados a la contaminación por nitrógeno, se requiere tener un ajuste en la suplementación de proteína/aminoácidos en función a los requerimientos para obtener los menores niveles de excreción de nitrógeno (Schutte & Jong, 1999; Alagawany *et al.*, 2014).

Todo ello implica que el adecuado conocimiento del balance de aminoácidos dietarios es fundamental ya sea para mejorar la respuesta productiva, en condiciones sanitarias adecuadas y con bajo impacto en el medio ambiente, para ello es necesario tener claramente establecido el contenido de aminoácidos en los ingredientes empleados para la formulación, siendo uno de estos la harina de soya.

Por todo lo antes expuesto, en el presente trabajo se evaluó la composición química, contenido de aminoácidos y solubilidad de la proteína de la harina de soya procedente de cuatro diferentes países suramericanos (Brasil, Argentina, Bolivia y Paraguay), buscando obtener datos que permitan hacer formulaciones más exactas según los requerimientos de los animales.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Muestras**

Para el ensayo se utilizaron datos de laboratorio provenientes de 405 muestras de soya (Argentina 97, Bolivia 92, Brasil 124 y Paraguay 92), que fueron analizadas del año 2016 al 2018, en cuanto a su contenido de materia seca (deseccación), lípidos (extracción con Soxhlet), fibra cruda (hidrólisis ácida y alcalina), nitrógeno (micro-Kjeldahl) utilizando el análisis proximal. El contenido de proteína fue calculado multiplicando el contenido de N x 6.25, el contenido de aminoácidos (aminograma) utilizando la espectrometría de infrarrojo cercano (NIRS).

### **Variables evaluadas**

Se utilizó el contenido de nitrógeno de la muestra multiplicado por el factor 6.25 para conocer su contenido de proteína. Para el contenido de aminoácidos se utilizaron los valores de Lisina, Metionina, Cistina, Treonina, Triptófano, Valina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina, Histidina, Arginina, obtenidos con el NIRS. Además, se comparó el contenido de lisina y aminoácidos azufrados totales entre las muestras de cada país y la solubilidad de la proteína.

### **Análisis estadístico**

Se empleó un diseño completamente al azar, considerando los países origen como tratamientos, inicialmente los datos fueron trabajados en una hoja de Excel (Microsoft Excel 2016). Las variables dependientes fueron examinadas por normalidad, y homogeneidad de varianzas con las

pruebas de Shapiro Wilks y Levene respectivamente, se utilizó estadística descriptiva para el análisis de las variables. Las variables que cumplieron con estos supuestos fueron analizadas mediante análisis de varianza (ANOVA) y posterior al ANOVA se aplicó una prueba de rangos múltiples de Tukey. Las variables que no cumplieron con uno o ambos supuestos, fueron analizadas con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y comparadas con la prueba de Wilcoxon. Se realizó un análisis de correlación y regresión lineal para establecer la relación entre la variación de los niveles de proteína cruda y los aminoácidos. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De todas las muestras analizadas, se puede apreciar que la variabilidad en el contenido de macronutrientes fue mayor en la grasa y proteína cruda, es destacable resaltar que la solubilidad de la proteína es alta, pero muestra un rango muy amplio. En cuanto a los aminoácidos, la Lisina representó en general el 6.09% de la proteína cruda, con una variación de 0.41% entre los valores más bajos y altos; la Metionina representó el 1.37% de la proteína cruda, en este caso la variación fue menor (0.11%). Cuando los aminoácidos son expresados como fracción de la harina de soya, los aminoácidos que muestran mayor variabilidad en su contenido son la Arginina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina e Histidina y los aminoácidos que tienen valores más constantes son la Metionina, Cistina y Triptófano seguidos de la Lisina, Treonina y Valina (Tabla 1).

El contenido de Lisina expresado como porcentaje de la proteína cruda es en promedio de 6.09% (rango de 5.90 a 6.31%), diversos estudios reportan valores diferenciados al presente estudio (Solano *et al.*, 2012; Ravindran *et al.*, 2014; Karr-Lilienthal *et al.*, 2004; Thakur & Hurburgh, 2007) al igual que para los otros aminoácidos, coincidiendo todos ellos en que el tipo de variedad, procedencia y procesamiento son los factores determinantes para estas variaciones.

**Tabla 1.** Variación de la composición nutricional de la harina de soya, %.

Componente, %	Nº	Promedio	DS	Mínimo	Mediana	Máximo
Materia seca	405	89.82	0.44	88.68	89.77	91.39
Proteína cruda	405	47.00	0.96	43.49	47.13	49.38
Proteína soluble KOH	405	79.53	3.26	68.00	79.50	89.00
Fibra cruda	405	4.12	0.64	3.07	3.94	6.35
Grasa	405	2.12	0.60	0.98	2.07	6.91
Lisina/PC	405	6.09	0.05	5.90	6.09	6.31
Metionina/PC	405	1.37	0.02	1.30	1.37	1.41
Lisina	405	2.87	0.05	2.67	2.86	2.97
Metionina	405	0.64	0.01	0.58	0.65	0.66
Cistina	405	0.71	0.01	0.66	0.71	0.74
Treonina	405	1.85	0.03	1.68	1.86	1.91
Triptófano	405	0.67	0.02	0.61	0.67	0.71
Valina	405	2.32	0.13	2.32	0.29	2.63
Isoleucina	405	2.18	0.13	0.29	2.19	3.22
Leucina	405	3.60	0.10	2.15	3.61	3.77
Fenilalanina	405	2.38	0.08	2.22	2.37	3.54
Histidina	405	1.22	0.07	1.14	1.22	2.32
Arginina	405	3.40	0.27	0.45	3.41	3.72

DS: desviación estándar; Nº: número de observaciones.



En cuanto a la procedencia de la harina de soya, los valores de humedad son mayores en las muestras provenientes de Argentina ( $p < 0.01$ ) siendo menores en las muestras bolivianas; para la fibra, la harina de Bolivia tuvo el menor contenido (4.40%) frente al de los otros países ( $p < 0.01$ ). La proteína cruda, fue mayor en las harinas procedentes de Bolivia y Brasil, siendo inferior en la Paraguaya y Argentina ( $p < 0.01$ ); en cambio el contenido de grasa es superior en las harinas provenientes de Brasil, Bolivia y Paraguay frente a la de Argentina que tiene el porcentaje más bajo ( $p < 0.01$ ), la variabilidad más elevada para el contenido de grasa fue en las harinas Brasileñas y Paraguayas llegando a porcentajes de hasta 6.91 y 5.21% respectivamente (Tabla 2).

El contenido de Lisina como porcentaje de la proteína cruda es inferior en las harinas Paraguayas, Bolivianas y Brasileñas frente a la Argentina que tiene el contenido más alto ( $p < 0.01$ ); de igual manera el nivel de Metionina como porcentaje de la proteína cruda, es mayor en las harinas provenientes de Argentina frente a los otros orígenes ( $p < 0.01$ ) (Tabla 2). En términos generales la mayor variabilidad en el contenido nutricional se dio en las harinas provenientes de Brasil para la fibra cruda, proteína cruda y grasa; en cuanto a la humedad y Lisina la mayor variabilidad se dio en las harinas Bolivianas y para la metionina en las harinas Paraguayas.

El estudio muestra que el contenido de proteína y los otros nutrientes varía en función al lugar de procedencia, fueron más bajos los valores de proteína en las muestras de Argentina y mayores en las provenientes de Bolivia y Brasil coincidiendo con lo reportado por Thakur & Hurburgh (2007) y Ravindran *et al.*, (2014) dichas variaciones son atribuibles a las diferentes condiciones climáticas en las cuales son producidas, combinado con la diferencia en las variedades y prácticas agrícolas empleadas, generando con ello que la soya tenga diferentes parámetros de calidad. Adicionalmente las diferencias en las condiciones de procesamiento como es la humedad, temperatura y tiempo de secado afectan la composición y la calidad de la soya (Thakur & Hurburgh, 2007) como lo apreciado en el presente estudio, donde el contenido de humedad es menor en la soya Boliviana, lo que habría determinado una mayor concentración de nutrientes, la soya Argentina presenta el mayor porcentaje de humedad (10.96%) frente a los otros países, determinando ello que el contenido de grasa sea superior en las soyas Bolivianas (2.13%), Brasileñas (2.25%) y Paraguayas (2.09%).

**Tabla 2.** Variación de la composición nutricional de la harina de soya en función a su país de origen, %.

Variable, %	Procedencia	N°	Promedio	DS	Mínimo	Mediana	Máximo
Humedad	ARG	97	10.96 <sup>A</sup>	1.09	8.45	11.36	12.40
	BOL	92	9.92 <sup>C</sup>	1.00	7.91	9.81	12.43
	BRA	124	10.10 <sup>B</sup>	0.67	8.32	10.07	11.70
	PAR	92	10.26 <sup>B</sup>	0.80	8.57	10.35	12.44
Fibra Cruda	ARG	97	4.66 <sup>A</sup>	0.38	3.85	4.65	5.57
	BOL	92	4.40 <sup>B</sup>	0.32	3.91	4.31	5.66
	BRA	124	4.65 <sup>A</sup>	0.58	3.90	4.42	6.87
	PAR	92	4.70 <sup>A</sup>	0.61	3.73	4.54	6.65
	ARG	97	45.92 <sup>C</sup>	0.60	44.35	46.00	46.97

Proteína cruda	BOL	92	47.90 <sup>A</sup>	1.19	45.56	48.13	50.21
	BRA	124	47.35 <sup>A</sup>	1.29	42.71	47.84	49.51
	PAR	92	46.57 <sup>B</sup>	1.39	43.82	46.51	49.23
Solubilidad de la Proteína cruda	ARG	97	77.23 <sup>C</sup>	1.29	73.50	77.50	80.90
	BOL	92	81.83 <sup>A</sup>	2.30	75.90	82.15	86.10
	BRA	124	79.88 <sup>B</sup>	4.09	68.00	80.70	85.70
	PAR	92	79.20 <sup>B</sup>	2.50	70.00	79.40	89.00
Grasa	ARG	97	1.99 <sup>B</sup>	0.30	1.37	2.10	2.35
	BOL	92	2.13 <sup>A</sup>	0.30	1.21	2.12	2.86
	BRA	124	2.25 <sup>A</sup>	0.85	1.26	2.06	6.91
	PAR	92	2.09 <sup>A</sup>	0.63	0.98	1.90	5.21
Lisina/PC	ARG	97	6.12 <sup>A</sup>	0.04	6.03	6.12	6.24
	BOL	92	6.08 <sup>B</sup>	0.05	5.99	6.07	6.31
	BRA	124	6.08 <sup>B</sup>	0.05	5.90	6.08	6.19
	PAR	91	6.10 <sup>B</sup>	0.06	5.99	6.09	6.28
Metionina/PC	ARG	97	1.38 <sup>A</sup>	0.02	1.34	1.38	1.41
	BOL	92	1.37 <sup>B</sup>	0.02	1.33	1.36	1.40
	BRA	124	1.36 <sup>B</sup>	0.02	1.31	1.37	1.40
	PAR	92	1.36 <sup>B</sup>	0.02	1.30	1.37	1.41

DS: desviación estándar; N°: número de observaciones; ARG: Argentina; BOL: Bolivia; BRA: Brasil; PAR: Paraguay.  
Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Un parámetro de calidad a tomar en consideración es la solubilidad de la proteína cruda cuyo rango adecuado varía entre 70 y 85%, cuando es superior indica un deficiente procesamiento y valores inferiores indican sobre procesamiento (Batal *et al.*, 2000; Araba & Dale, 1990), afectando con ello el crecimiento de los animales, en el presente estudio se aprecia que los valores promedio de solubilidad están dentro de los valores considerados como aceptables, sin embargo la harina proveniente de Argentina tiene rangos de variación más estrechos (mínimo 73.50% y máximo 80.90%), en cambio las otras harinas tienen rango más amplios que muestran menor uniformidad en el procesamiento, con valores por encima del 85% (Boliviana, Brasileña y Paraguaya) y también valores inferiores al 70% como es el caso de la soya Brasileña (68%), estos resultados permitirían inferir que a pesar de que la soya Argentina tiene menor contenido de proteína cruda (45.92%) sería más adecuada para su utilización en la alimentación animal.

Como se aprecia en la Tabla 3, existen diferencias en el contenido de aminoácidos y lugares de procedencia, mostrando mayor variabilidad el contenido de Lisina, Leucina y Fenilalanina, apreciándose valores más constantes en la Metionina, Cistina y Triptófano, siendo este efecto el mismo para todas las procedencias.

**Tabla 3.** Variación de la composición de aminoácidos en la harina de soya en función a su origen, %.

Aminoácido	Procedencia	N°	Promedio	DS	Mínimo	Mediana	Máximo
Lisina	ARG	97	2.83	0.03	2.77	2.82	2.89
	BOL	92	2.90	0.04	2.81	2.90	2.97
	BRA	124	2.88	0.05	2.67	2.89	2.97
	PAR	92	2.84	0.05	2.48	2.84	2.92
Metionina	ARG	97	0.64	0.01	0.61	0.64	0.66
	BOL	92	0.65	0.01	0.63	0.65	0.66
	BRA	124	0.64	0.02	0.58	0.65	0.66
	PAR	92	0.64	0.02	0.60	0.64	0.66
Cistina	ARG	97	0.70	0.01	0.66	0.70	0.72
	BOL	92	0.72	0.01	0.68	0.72	0.74
	BRA	124	0.71	0.01	0.67	0.72	0.73
	PAR	92	0.70	0.02	0.67	0.70	0.73
Treonina	ARG	97	1.84	0.02	1.79	1.84	1.88
	BOL	92	1.86	0.02	1.81	1.87	1.90
	BRA	124	1.85	0.04	1.68	1.86	1.91
	PAR	92	1.84	0.04	1.74	1.85	1.90
Tryptofano	ARG	97	0.66	0.01	0.64	0.66	0.68
	BOL	92	0.68	0.01	0.65	0.68	0.71
	BRA	124	0.68	0.02	0.61	0.68	0.70
	PAR	92	0.67	0.01	0.63	0.67	0.69
Valina	ARG	97	2.29	0.04	2.00	2.30	2.36
	BOL	92	2.36	0.05	2.26	2.37	2.63
	BRA	124	2.34	0.06	2.09	2.36	2.41
	PAR	92	2.28	0.24	0.29	2.32	2.40
Isoleucina	ARG	97	2.14	0.19	0.29	2.16	2.20
	BOL	92	2.23	0.11	2.10	2.22	3.22
	BRA	124	2.20	0.05	2.01	2.21	2.27
	PAR	92	2.17	0.12	1.16	2.19	2.26
Leucina	ARG	97	3.53	0.15	2.15	3.55	3.66
	BOL	92	3.64	0.06	3.44	3.64	3.76
	BRA	124	3.63	0.07	3.35	3.65	3.77
	PAR	92	3.60	0.06	3.44	3.61	3.70
Fenilalanina	ARG	97	2.33	0.13	2.26	2.32	3.54
	BOL	92	2.41	0.05	2.27	2.42	2.52
	BRA	124	2.40	0.05	2.22	2.41	2.52

	PAR	92	2.36	0.05	2.23	2.36	2.45
Histidina	ARG	97	1.21	0.12	1.17	1.20	2.32
	BOL	92	1.23	0.02	1.17	1.23	1.27
	BRA	124	1.23	0.02	1.14	1.23	1.28
Arginina	PAR	92	1.22	0.10	1.16	1.22	2.11
	ARG	97	3.28	0.22	1.20	3.30	3.44
	BOL	92	3.48	0.34	0.48	3.53	3.72
	BRA	124	3.47	0.11	3.18	3.50	3.72
	PAR	92	3.37	0.32	0.45	3.40	3.55

*DS: desviación estándar; N°: número de observaciones; ARG: Argentina; BOL: Bolivia; BRA: Brasil; PAR: Paraguay.*

Los resultados muestran que, para todos los aminoácidos evaluados, las muestras provenientes de Bolivia tienen el mayor contenido frente a las muestras de los otros países ( $p < 0.01$ ), solo para el caso de la Leucina e Histidina la soya Bolivia es similar en su contenido con la soya Brasileña. Para la soya brasileña, las demás variables presentaron el segundo nivel de contenido de proteína y aminoácidos más alto, sin diferencias significativas respecto a las muestras provenientes de Paraguay en lo referente al contenido de Isoleucina. Las muestras Paraguayas presentaron el menor nivel en el contenido de Valina, mientras que las muestras Argentinas presentaron los menores niveles de Proteína Cruda, Lisina, Treonina, Triptófano, Fenilalanina y Arginina, sin diferencias significativas para los contenidos de Metionina, Cistina y Azufrados (Met + Cis) con respecto a las muestras Paraguayas (Tabla 4).

**Tabla 4.** *Valores medios de Proteína Cruda, Lisina, Metionina, Cistina, Azufrados (met + cis), Treonina, Triptófano, Valina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina, Histidina, Arginina en la soya proveniente de cuatro países diferentes.*

Variable	País de origen			
	ARG	BOL	BRA	PAR
Lisina (g/100g)	2.83 <sup>D</sup>	2.90 <sup>A</sup>	2.87 <sup>B</sup>	2.84 <sup>C</sup>
Metionina (g/100g)	0.64 <sup>C</sup>	0.65 <sup>A</sup>	0.64 <sup>B</sup>	0.64 <sup>C</sup>
Cistina (g/100g)	0.70 <sup>C</sup>	0.72 <sup>A</sup>	0.71 <sup>B</sup>	0.70 <sup>C</sup>
Azufrados (Met + Cis) (g/100g)	1.34 <sup>C</sup>	1.37 <sup>A</sup>	1.35 <sup>B</sup>	1.34 <sup>C</sup>
Treonina (g/100g)	1.83 <sup>D</sup>	1.86 <sup>A</sup>	1.85 <sup>B</sup>	1.84 <sup>C</sup>
Triptófano (g/100g)	0.66 <sup>D</sup>	0.68 <sup>A</sup>	0.67 <sup>B</sup>	0.67 <sup>C</sup>
Valina (g/100g)	2.29 <sup>C</sup>	2.36 <sup>A</sup>	2.33 <sup>B</sup>	2.28 <sup>D</sup>
Isoleucina (g/100g)	2.13 <sup>C</sup>	2.23 <sup>A</sup>	2.19 <sup>B</sup>	2.17 <sup>B</sup>
Leucina (g/100g)	3.53 <sup>C</sup>	3.64 <sup>A</sup>	3.62 <sup>A</sup>	3.59 <sup>B</sup>
Fenilalanina (g/100g)	2.34 <sup>D</sup>	2.41 <sup>A</sup>	2.39 <sup>B</sup>	2.36 <sup>C</sup>
Histidina (g/100g)	1.21 <sup>C</sup>	1.23 <sup>A</sup>	1.23 <sup>A</sup>	1.22 <sup>B</sup>
Arginina (g/100g)	3.27 <sup>D</sup>	3.49 <sup>A</sup>	3.45 <sup>B</sup>	3.37 <sup>C</sup>

*ARG: Argentina; BOL: Bolivia; BRA: Brasil; PAR: Paraguay.*

*Los valores dentro de las filas con letras diferentes en superíndice son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).*

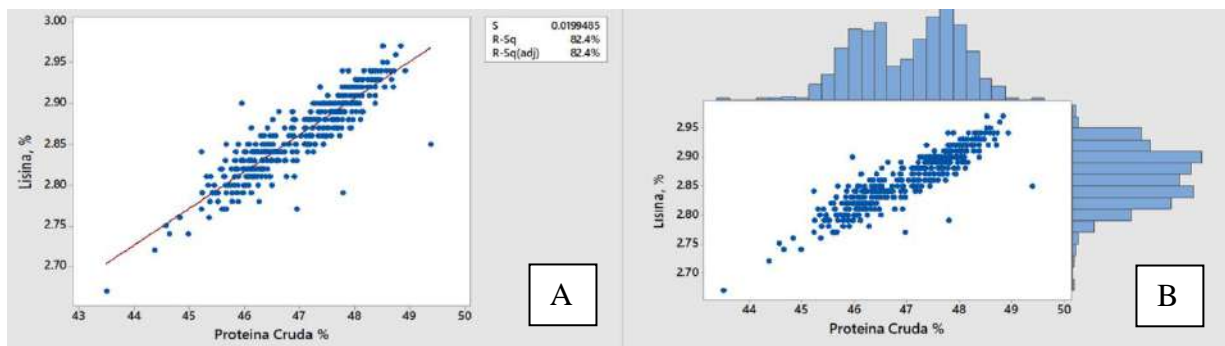
Tomando en consideración la evidenciada diversidad en la composición de aminoácidos entre tipos de soya, se desarrollaron modelos para predecir el contenido de aminoácidos en función a las variaciones en los niveles de proteína cruda, puesto que la concentración de aminoácidos sigue la misma tendencia de la proteína cruda (Karr-Lilienthal *et al.*, 2004). En la (Tabla 5), los resultados de dichos modelos muestran que, para la Lisina, Triptófano y Cistina tienen una alta precisión y adecuada relación lineal ( $R^2$  de 82.4%, 78.2%, 71.5% respectivamente), el modelo para la Metionina presenta un  $R^2$  de 60.3% y los modelos para los otros aminoácidos no predicen adecuadamente, atribuible a la alta variabilidad existente entre los rangos y/o concentraciones de estos nutrientes.

Tomando en cuenta que los primeros aminoácidos limitantes en cerdos y aves son la Lisina y Metionina respectivamente, se aprecia que de ambos el modelo que predice mejor es el de la Lisina (Figura 1 y 2), por que guarda estrecha relación con los niveles de proteína cruda, cuya mayor concentración está en el rango de 46 a 48% de PC, para la Lisina la mayor concentración se encuentra en el rango de 2.80 a 2.95%, por lo que se puede usar la valoración de la proteína cruda para calcular el contenido de aminoácidos tomando como referencia la Lisina y a partir de ella calcular los otros aminoácidos.

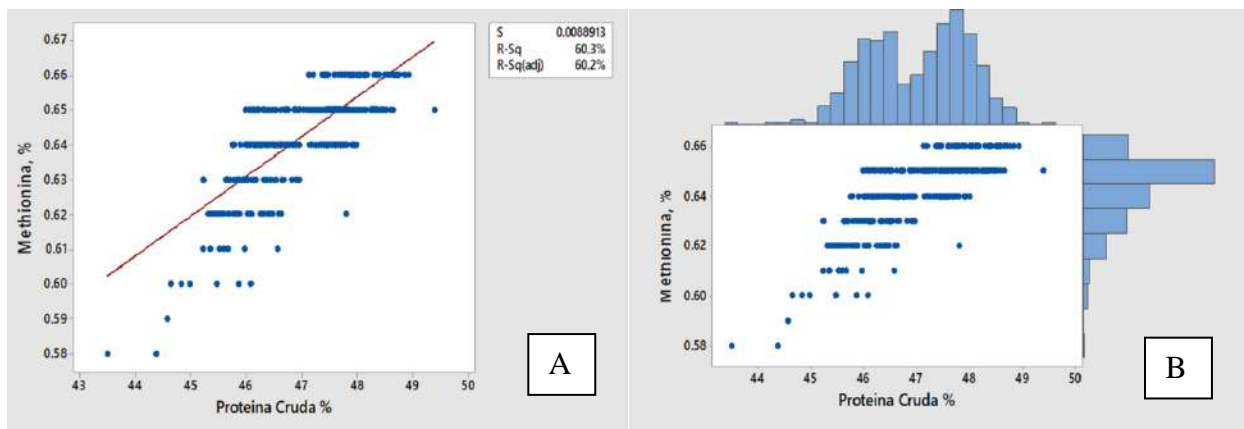
**Tabla 5.** Modelos de predicción de la concentración de aminoácidos en función al nivel de proteína cruda (%).

Variable	Modelo	R <sup>2</sup> , %	DS	Valor P
Lisina, %	$Y = 0.7461 + 0.0450 X$	82.4	0.02	0.001
Metionina, %	$Y = 0.1052 + 0.0114 X$	60.3	0.01	0.001
Cistina, %	$Y = 0.1066 + 0.0128 X$	71.5	0.01	0.001
Treonina, %	$Y = 0.6145 + 0.0263 X$	59.3	0.02	0.001
Triptófano, %	$Y = 0.0011 + 0.0143 X$	78.2	0.01	0.001
Valina, %	$Y = -0.2398 + 0.0545 X$	17.3	0.11	0.001
Leucina, %	$Y = 0.6102 + 0.0636 X$	38.18	0.08	0.001
Isoleucina, %	$Y = 0.3338 + 0.0394 X$	8.8	0.12	0.001
Fenilalanina, %	$Y = 0.0590 + 0.0519 X$	37.1	0.07	0.001
Histidina, %	$Y = 0.3007 + 0.0196 X$	6.2	0.07	0.001
Arginina, %	$Y = -2.075 + 0.1166 X$	17.3	0.24	0.001

*Y: variable respuesta; X: proteína cruda, %; DS: desviación estándar.*



**Figura 1.** (A) Variación en los niveles de Lisina en función al nivel de Proteína Cruda  $Lisina, \% = 0.7461 + 0.04501 \text{ Proteína Cruda } \%$ . (B) Rango de valores de Lisina, % vs valores de Proteína Cruda %.



**Figura2.** (A) Variación en los niveles de Metionina en función al nivel de Proteína Cruda  $Metionina, \% = 0.1052 + 0.01143 \text{ Proteína Cruda } \%$ . (B) Rango de valores de Metionina, % vs valores de Proteína Cruda %.

## CONCLUSIONES

- El contenido nutricional de la harina de soya varía dependiendo del lugar de origen y el tipo de procesamiento efectuado.
- Existe una relación positiva entre el contenido de proteína cruda y su composición de aminoácidos, principalmente para la Lisina, Triptófano, Cistina y Metionina.

## REFERENCIAS

- Alagawany, M., El-Hack, M. E. A., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2014). Effect of low-protein diets with crystalline amino acid supplementation on egg production, blood parameters and nitrogen balance in laying Japanese quails. *Avian Biology Research*, 7(4), 235-243.
- Araba, M., & Dale, N. M. (1990). Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *J Poult Sci*, 69, 76–83.
- Batal, A. B., Douglas, M. W., Engram, A. E., & Parsons, C. M. (2000). Protein dispensability index as an indicator of adequately processed soybean meal. *J Poult Sci*, 79, 1592–1596.
- Castro, F.L.S., Kim, Y., Xu, H., & Kim, W.K. (2020). The effect of total sulfur amino acid levels on growth performance and bone metabolism in pullets under heat stress. *Poultry Science*, 99, 5783 – 5791.
- Cerrate, S., & Coon, C. (2010). Estimation of net energy values of Feedstuffs by simulation of biochemical reactions in broiler chicks. *J. Anim. Sci.* Vol. 88: E-Suppl. 2.

- Dean, D., Bidner, T. D., & Southern, L. L. (2006). Glycine supplementation to low crude protein, amino acid supplemented diets supports optimal performance of broiler chicks. *Poult. Sci.* 85:288–296.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., & Robledo C.W. (2008). *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Eits, R. M., Kwakkel, R. P., Verstegen, M. W. A., Stoutjesdijk, P., & De Greef, K. H. (2002). Protein and lipid deposition rates in male broiler chickens: separate responses to amino acids and protein-free energy. *Poultry Science*, 81(4), 472-480.
- García-Rebollar, P., Cámara, L., Lázaro, R.P., Dapoza, C., Pérez-Maldonado, R., & Mateos, G.G. (2016). Influence of the origin of the beans on the chemical composition and nutritive value of comercial soybean meals. *Animal Feed Science and Technology* 221 (2016) 245 – 261.
- Hilliari, M., Hargrave, G., Girish, C.K., Barekatin, R., Wu, S-B., & Swick, R.A. (2020). Using crystalline aminoacid to supplement broiler chicken requirements in reduced protein diets. *Poultry Science* 99: 1551 – 1563.
- Kamran, Z., Ahmad Nadeem, M., Sarwar, M., Shakil Amjid, S., Hussain Pasha, R., & Shahid Nazir, M. (2011). Effect of low crude protein diets with constant metabolizable energy on performance of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Indian Journal of Animal Sciences*, 81(11), 1165.
- Karr-Lilienthal, L.K., Grieshop, C.M., Merchen, N.R., Mahan, D.C., & Fahey Jr., G.C. (2004). Chemical composition and protein quality comparisons of soybeansand soybean meals from five leading soybean-producing countries. *J. Agric. Food Chem.* 52, 6193–6199.
- Laudadio, V., Dambrosio, A., Normanno, G., Khan, R. U., Naz, S., Rowghani, E., & Tufarelli, V. (2012). Effect of reducing dietary protein level on performance responses and some microbiological aspects of broiler chickens under summer environmental conditions. *Avian Biology Research*, 5(2), 88-92.
- Musigwa, S., Morgan, N., Swick, R. A., Cozannet, P., & Wu, S. B. (2020). Energy dynamics, nitrogen balance, and performance in broilers fed high-and reduced-CP diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(4), 830-841.
- Paulino, J. (2017). Nutrición de precisión para pollo de engorde de alto desempeño. Artículos técnicos. Engormix. Disponible en: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/nutricion-precision-pollo-engorde-t40378.htm>.
- Pedersen, T. F., Chang, C. Y., Trottier, N. L., Bruun, T. S., & Theil, P. K. (2019). Effect of dietary protein intake on energy utilization and feed efficiency of lactating sows. *Journal of animal science*, 97(2), 779-793.

- Ravindran, V., Abdollahi, M. R., & Bootwalla, S. M. (2014). Nutrient analysis, metabolizable energy, and digestible amino acids of soybean meals of different origins for broilers. *Poultry science*, 93(10), 2567-2577.
- Schutte, J.B., & Jong, J. (1999). Ideal amino acid profile for poultry. Bru fau J. (ed.), Tacon A. (ed.). *Feed manufacturing in the Mediterranean region: Recent advances in research and technology*. Zaragoza: CIHEAM. p. 259 -263 (Cahiers Option s Méditerran éen n es; n. 37).
- Solano, G., Fonseca, R., & Santiesteban, R. (2012). Proteína, aminoácidos y grasa en el grano de variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merry) cultivadas en el oriente de cuba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 19(4).
- Soomro, R. N., Yao, J., El-Hack, A., Asif Arain, M., Abbasi, I. H. R., Saeed, M., & Tufarelli, V. (2018). Significance of endogenous amino acid losses in the nutrition of some poultry species: a review. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(6).
- Thakur, M., & Hurburgh, C.R. 2007. Quality of US Soybean Meal compared to the quality of Soybean Meal from other origins. *J. Am. Oil Chem. Soc.* (2007) 84: 835 – 843.
- Zaman, Q.U., Mushtaq, T., Nawaza H., Mirza, M.A., Mahmoodb, S., Ahmadc, T., Babar, M.E., & Mushtaq, M. (2008). Effect of varying dietary energy and protein on broiler performance in hot climate. *A F Sc and Tech* 146 (2008) 302–312.



## FUNCIONES BIOACTIVAS DE PÉPTIDOS DERIVADOS DE PROTEÍNAS HIDROLIZADAS DE PESCADO: APLICACIÓN EN LA NUTRICIÓN PORCINA. REVISIÓN

### BIOACTIVE ACTIVITIES OF FISH PROTEIN HYDROLYSATES DERIVED PEPTIDES: USE IN SWINE NUTRITION. A REVIEW

*Richard Mudarra\**

<sup>1</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá ([richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa))  
<https://orcid.org/0000-0002-4927-1202>)

\*Correo de Correspondencia: [richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa)

Recibido:10/02/2022

Aceptado:10/05/2022

**RESUMEN.** El consumo mundial de pescado ha alcanzado un ritmo significativamente superior al incremento demográfico durante los mismos años, reflejado un mayor nivel de desechos obtenidos de los sistemas de transformación en la industria pesquera. Una proporción significativa de estos desechos se transforman en harina, aceite y ensilaje de pescado debido a su potencial como fuentes proteicas de alto valor biológico. Adicional, las proteínas hidrolizadas están siendo una tendencia en los últimos años, ya que además de ser una excelente fuente de aminoácidos, permiten la aplicación de procesos de hidrólisis para la obtención de péptidos bioactivos. Los péptidos bioactivos derivados del pescado tienen diferentes funciones fisiológicas. Estas funciones, determinadas por la estructura peptídica, están asociadas principalmente a la señalización celular, provocando cambios estructurales, moleculares y celulares con efectos biológicos, tales como antioxidante, antimicrobial e inmunomodulador. Evidencias científicas indican beneficios de la inclusión de proteínas hidrolizadas de pescado en dietas para cerdos sobre el desempeño productivo en comparación con otras fuentes proteicas de origen vegetal o animal, no sometidas previamente a un proceso de hidrólisis. La utilización de hidrolizados proteicos derivados del pescado y la tendencia en la obtención de péptidos específicos prometen un alto impacto en la nutrición porcina, como también una herramienta para el aprovechamiento de subproductos de desechos. Se hace necesario el estudio de otras posibles funciones de los péptidos derivados de proteínas hidrolizadas y sus niveles de inclusión en las dietas para cerdos.

**PALABRAS CLAVE:** Proteína, harina de pescado, hidrolizados, cerdos, péptidos.

**ABSTRACT.** The global consumption of fish has reached a rate significantly higher than the increase in world demographics during the same years, reflecting increases in the levels of waste derived from the transformation systems of fishing industry. A significant proportion of the waste from world fisheries production is transformed into fishmeal, oil, and fish silage due to its potential as products of high biological value. In addition, protein hydrolysates have been a trend in recent years, besides being an excellent source of amino acids, hydrolysis processes are positively applicable to obtain bioactive peptides. Bioactive peptides derived from fish have different physiological functions. These functions, determined by the peptide structure, are mainly associated with cell signaling; causing structural, molecular and cellular changes that create a biological effect, such as antioxidants, antimicrobials and immunomodulators. Scientific evidence indicates benefits of the inclusion of fish proteins hydrolysates in pig diets on performance in comparison to other protein sources from vegetable or animal origin not previously subjected to a hydrolysis process. The use of protein hydrolysates derived from fish and the trend in obtaining specific peptides promise a high impact on feed efficiency in pig nutrition, as well as a tool in the use of waste by-products. It is necessary the study of other possible functions of peptide derived from hydrolyzed proteins and their inclusion levels in pig diets.

**KEYWORDS:** Protein, fish meal, hydrolysates, pigs, peptides.

## **INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas, el consumo mundial de pescado ha alcanzado un ritmo significativamente superior al crecimiento demográfico (FAO, 2020). El consumo de pescado comestible aumentó de 9.0 kg en 1961, a 20.5 kg en 2018, con una utilización de productos alimenticios estimada en 179 millones de toneladas métricas (TM). De este, 156 millones de TM se utilizaron como alimento humano y el resto (223 millones de TM) se consideraron como productos de desecho (Mahro y Timm, 2007; Halim *et al.*, 2016; FAO, 2020). Keledjian *et al.* (2014) menciona que el valor del pescado descartado en los EE. UU. es de al menos mil millones anuales. Estos desechos consisten generalmente en vísceras, cadáveres, cabeza, piel y huesos (He *et al.*, 2014). Sin embargo, debido a su alto contenido de materia orgánica, son clasificados como desechos certificados los cuales son más costosos de eliminar (Hordur y Barbar, 2000).

Debido a esta gran problemática, los subproductos del pescado están siendo utilizados cada vez más para la producción de ingredientes nutricionales, dándoles un uso más amigable desde un punto de vista económico y ambiental. Una proporción significativa de los desechos de la producción pesquera mundial se transforman en harina, aceite y ensilaje de pescado debido a su alto potencial como fuentes proteicas de alto valor biológico para la alimentación animal (He *et al.*, 2014). La inclusión de dichos componentes en la alimentación animal representa una fuente de nutrientes que promueve el crecimiento de los animales domésticos, lo que conduce a una mayor disponibilidad de proteínas para el consumo humano (Barzana y García, 1994). Adicionalmente, otros productos de gran utilidad obtenidos de los desechos del pescado son el colágeno, gelatina, hidrolizados y péptidos bioactivos, los cuales han sido producidos satisfactoriamente (Ishak y Sarbon, 2018).

Dentro de la gama de productos que se pueden obtener de los desechos del pescado, las proteínas hidrolizadas tienden a tener una aplicación significativa ya que además de ser una excelente fuente de aminoácidos, los procesos de hidrólisis de proteína dan lugar a la obtención de péptidos bioactivos. Estos, han demostrado ejercer actividades funcionales específicas en mejoras del funcionamiento fisiológicas de gran importancia en el organismo (Lopera *et al.*, 2018).

Evidencias científicas indican efectos positivos de la suplementación de péptidos hidrolizados de pescado sobre el consumo de alimento en cerdos durante la etapa de inicio (Norgaard *et al.*, 2012), como también en la ganancia diaria y conversión alimenticia en cerdos destetados (Thuy y Ha, 2016).

Esta revisión se enfatizó metodológicamente en una revisión exhaustiva de artículos científicos digitales disponibles como base para la recopilación de información acerca de la composición nutricional de la harina de pescado, las proteínas hidrolizadas de especies marinas, su valor biológico-funcional, y su aplicabilidad en la nutrición porcina.

## **CONTENIDO**

### **Harina de Pescado:**

La harina de pescado es un ingrediente nutricional ampliamente utilizado en la alimentación animal. Esta fuente, de alto contenido nutricional, principalmente proteína, se usa en

formulaciones dietéticas para aumentar la ingesta de alimento debido a su alta palatabilidad y suplir los requerimientos proteicos (Jones *et al.*, 2018). La harina de pescado está ampliamente disponible debido a su precio competitivo en comparación con otras fuentes de proteínas animales (leche y sangre) como también por su alta calidad nutricional (Cho y Kim, 2011). Tiene efectos sinérgicos cuando se combina con otras fuentes de proteínas, ya sean de origen vegetal o animal, mejorando el crecimiento y disminuyendo los costos de alimentación (Miles y Chapman, 2012). Dentro de sus generalidades nutricionales, la harina de pescado tiene grandes cantidades de energía metabolizable por unidad de peso (Zinn *et al.*, 2009), un nivel de proteína elevado con un excelente equilibrio de aminoácidos, vitaminas y minerales, y también niveles adecuados de ácidos grasos omega-3 (Cho y Kim, 2011; Li *et al.*, 2014; Jones *et al.*, 2018).

### **Composición Nutricional de la Harina de Pescado:**

En general, las harinas de pescado son consideradas de buena calidad cuando contienen niveles de proteína cruda que oscilan entre el 60 y el 72% (Cho y Kim, 2011) pero, también la calidad dependerá de sus características organolépticas como sabor, color y olor (Barzana y García, 1994). El Consejo Nacional de Investigación de los EE.UU (NRC; 2012) y Ween *et al.* (2017) indican que la harina de pescado tiene un contenido de proteína cruda de 63,8% y 62% respectivamente. Esta discrepancia en los valores nutricionales depende de la especie de pescado utilizada para la obtención de las harinas (Barlow, 1993). La harina de pescado es muy utilizada como ingrediente proteico para animales monogástricos ya que ofrece un excelente perfil de aminoácidos; y es rica en algunos aminoácidos esenciales como lisina y metionina.

El contenido de lípidos en la harina de pescado es inconsistente. La concentración depende de las metodologías de procesamiento y los objetivos de la planta de procesamiento. En promedio, contiene entre 6 y 10% de lípidos; sin embargo, puede llegar hasta el 20% (Cho y Kim, 2011). La harina de pescado se utiliza para mejorar el desequilibrio del contenido de lípidos en las dietas animales porque ofrece un alto nivel de ácidos grasos omega-3, el cual es bajo en fuentes de proteínas vegetales (Miles y Chapman, 2012). Además del omega-3, es una fuente significativa de ácido docosahexaenoico, ácido eicosapentaenoico y ácido linoleico (Calder, 2021). El aceite de pescado es una excelente fuente de energía para cerdos, pollos, camarones e incluso, rumiantes debido a su alta digestibilidad de más del 90% (Miles y Chapman, 2012).

La harina de pescado tiene altas concentraciones de calcio y fósforo. Se considera un producto de buena calidad con niveles de ceniza entre el 17% y el 25%. Contrariamente al contenido de fósforo de las plantas, el cual no es altamente digerible por los animales monogástricos, en la harina de pescado se encuentra en una forma altamente disponible para la mayoría de los animales (Miles y Chapman, 2012). Según NRC (2012), la harina de pescado contiene niveles de calcio y fósforo de 4,28 y 2,29% respectivamente; teniendo niveles más altos que otras fuentes de proteínas como la harina de soja, que tiene 0.31% de calcio y 0.75% de fósforo. Además, el fósforo disponible en la harina de pescado tiene una digestibilidad estandarizada total (0,82%), mejor que contenido en la harina de soja (0,66%).

## **Hidrolizados de Proteína Derivados del Pescado:**

Los hidrolizados son proteínas de origen animal o vegetal que se someten a procesos químicos o enzimáticos produciendo péptidos de diferentes tamaños, los cuales contienen entre 2 y 20 aminoácidos y aminoácidos libres (Barzana y García, 1994; Chalamaiah *et al.*, 2012; Hou *et al.*, 2017). Dicho proceso permite el almacenamiento y posterior utilización de fuentes proteicas de gran valor biológico obtenidos de un producto que, de otra manera, sería descartado (Figura 2; Skanderby, 1994). La hidrólisis de proteínas ha mostrado un desarrollo continuo a lo largo del tiempo, pero en un contexto general, este proceso aún se encuentra en las primeras etapas de descubrimiento de péptidos y combinaciones de aminoácidos individuales para producir los efectos deseados (Pasupuleti y Braun, 2010). Generalmente, el contenido nutricional de los hidrolizados de proteína de pescado contienen entre 81% y 91% de proteína cruda, no más del 5% de grasa, entre 3% y 8% de ceniza y entre 1% y 8% de humedad (Venugopal, 2016). El proceso de hidrólisis de fuentes de proteínas puede tardar entre 4 y 48 horas, dependiendo de la tecnología o metodología utilizada (Hou *et al.*, 2017). Existen diferentes métodos de hidrólisis utilizados por la industria, y la aplicación de cada uno de estos depende de la naturaleza de la fuente proteica (Hou *et al.*, 2017).

### **Métodos de Hidrólisis:**

Los métodos más comunes de hidrólisis son la hidrólisis ácida, alcalina y enzimática. La hidrólisis ácida es el método menos costoso para hidrolizar proteínas, sin embargo, ofrecen un producto final con contenidos nutricionales muy variables y reducidos, debido a que el nivel de hidrólisis es casi incontrolable (Dai *et al.*, 2014; Mustatea *et al.*, 2019). Generalmente, para la hidrólisis ácida de la proteína de pescado es utilizado el ácido clorhídrico o el ácido sulfúrico. Las proteínas se hidrolizan completamente a alta temperatura (121-138°C) y a alta presión (220-310 mPa) según Petrova *et al.*, (2018); luego, el hidrolizado se neutraliza a un pH de 6,0 a 7,0 y se concentra hasta obtener una pasta o posteriormente se somete a secado para obtener un compuesto seco (Thakar *et al.*, 1991).

A pesar de que la hidrólisis ácida es ampliamente utilizada debido a su fácil aplicación y bajo costo, dicho método destruye algunos aminoácidos esenciales, principalmente los aromáticos como el triptófano (Pasupuleti y Braun, 2010). Adicionalmente, hay evidencias reportadas de la destrucción de otros aminoácidos tales como la metionina, la cistina y la cisteína, y la conversión de glutamina a ácido glutámico (Bucci y Unlu, 2000). Aunado a esto, otra limitante que se obtiene con la hidrólisis ácida de la proteína de pescado, es el alto contenido de cloruro de sodio, limitando su aplicabilidad en posteriores procesos bioquímicos, como también reduciendo su porcentaje de inclusión en dietas por su poca palatabilidad (Petrova *et al.*, 2018).

La hidrólisis alcalina es realizada con agentes alcalinos tales como hidróxido de potasio, hidróxido de calcio e hidróxido de fósforo. El proceso de hidrólisis alcalina puede llevarse a cabo en aproximadamente 18 horas, aplicando la temperatura ideal (105°C; Hou *et al.*, 2017), y un pH de 12.5 (Kristinsson y Rasco, 2000). El uso de reactivos alcalinos, principalmente hidróxido de sodio da como resultado un hidrolizado de proteína de pescado con una funcionalidad y valor nutritivo reducido. Dentro de las más notables afectaciones nutricionales, está la destrucción de la serina y la treonina; sin embargo, el triptófano permanece intacto a diferencia de la hidrólisis ácida (Pasupuleti y Braun 2010).

Por otro lado, la hidrólisis enzimática es el método ideal para hidrolizar los tejidos de los peces porque mantiene la calidad de las proteínas (Huang *et al.*, 2015), preservando así su valor nutricional. En la ciencia y la tecnología de los alimentos, las enzimas, como catalizadores biológicos que aceleran las reacciones metabólicas dentro de las células, han sido utilizadas en el procesamiento, análisis y transformación de materias primas en productos alimenticios más deseables y de mayor calidad (Richardson y Hyslop, 1984). El proceso de hidrólisis enzimática puede controlarse al punto que proporciona productos específicos basados en las necesidades del consumidor (Pasupuleti y Braun, 2010).

En la hidrólisis enzimática se utilizan enzimas sintéticas o naturales (Petrova *et al.*, 2018). Entre las enzimas naturales comúnmente utilizadas de origen animal están la tripsina y pepsina; de origen vegetal la papaína y bromelina, y de origen microbial las proteasas bacterianas y fúngicas (Pasupuleti y Braun, 2010; Pasupuleki *et al.*, 2010; Petrova *et al.*, 2018). La hidrólisis enzimática microbial fue la primera metodología utilizada para la conservación de alimentos. Las bacterias tienen la capacidad de producir enzimas proteolíticas endógenas, que actúan sobre las proteínas, liberando péptidos con propiedades bioactivas (Abuine *et al.*, 2019).



**Figura 1.** Principales Funciones Bioactivas de Péptidos Derivado de Proteína Hidrolizada de Pescado.

#### **Actividad Funcional o Bioactiva de Péptidos:**

Se ha demostrado que las fuentes de proteínas animales, como los productos marinos hidrolizados, contienen péptidos bioactivos cuales estimulan varias funciones benéficas en diferentes dominios

de la salud a nivel cardiovascular, dermatológico, neurológico y metabólico (Figura 1; Gevaert *et al.*, 2016), por lo tanto, se clasifican como un ingrediente alimentario ideal (Harnedy y FitzGerald, 2012). Los péptidos bioactivos se definen como pequeñas cadenas de aminoácidos que poseen funciones beneficiosas potenciales dentro del organismo (Walther y Sieber, 2011; Murray y FitzGerald, 2007). Generalmente, los péptidos con actividad bio funcional, con algunas excepciones, no suelen contener más de 20 aminoácidos en su cadena (Hou *et al.*, 2017). La función específica de diferentes péptidos bioactivos depende de su secuencia única de aminoácidos y del método de hidrólisis utilizado (Harnedy y FitzGerald, 2012; Pihlanto, 2000).

Según Cipolari *et al.* (2020), los péptidos bioactivos de pescado tienen diferentes funciones fisiológicas, de las cuales las más relevantes están: inmunomodulador, antimicrobial, antioxidativo, citomodulador, antirpentensivo, quelación de minerales, entre otras (Figura 1). Estas funciones, determinadas por la estructura peptídica, están asociadas principalmente a la señalización celular, donde operan como traductores y llevan a cabo mensajes bioquímicos, provocando cambios estructurales, moleculares y celulares que crean un efecto biológico (Cooper y Hausman, 2004). Dentro de la variedad de efecto bio funcionales que los péptidos han mostrado ejercer en el organismo humano y/o animal, las más destacadas son:

#### **Actividad Antioxidante:**

Los péptidos de los hidrolizados de proteínas animales tienen la capacidad de disminuir las especies reactivas de oxígeno (ROS), las especies reactivas de nitrógeno (RNS) y la peroxidación de lípidos (López *et al.*, 2022). Además, pueden reducir los niveles de radicales libres y citocinas proinflamatorias en el intestino delgado, mejorando así la salud intestinal, la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento del crecimiento (López *et al.*, 2014). Durante los procesos respiratorios y metabólicos celulares, se producen continuamente ROS y RNS, liberando el radical hidroxilo OH, radicales aniónicos y especies de radicales no libres como el peróxido de hidrógeno. Una presencia elevada de ROS conduce al deterioro proteínas y moléculas de lípidos (Abuine *et al.*, 2019).

Según Elias *et al.* (2008), la posición del aminoácido en el enlace peptídico así como su tipo e hidrofobicidad son características de alta relevancia en cuanto a la actividad antioxidante. Se cree que estas características de los aminoácidos descomponen la estructura terciaria de las proteínas, permitiendo que los disolventes de entrada se introduzcan en las moléculas oxidativas, reduciendo así la síntesis de estrés oxidativo (Sánchez y Vásquez, 2017). También, se considera que el bajo peso molecular de algunos péptidos bioactivos juega un papel importante en la capacidad de depuración antioxidante de ROS y RNS (Dong *et al.*, 2008).

#### **Actividad Antimicrobiana:**

Los peces poseen un sistema inmunológico vigoroso debido a la exposición constante a altos niveles de patógenos bacterianos, virales y parasitarios, lo que conlleva a que los péptidos antimicrobianos derivados de la proteína de pescado contengan moléculas bioquímicas vinculadas, en gran medida, al sistema inmunológico. (Rauta *et al.*, 2012). Los péptidos antimicrobianos actúan contra diferentes bacterias Gram positivas y Gram negativas (*Escherichia coli*, *Helicobacter pylori*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, y *Staphylococcus*), como también

levaduras y hongos filamentosos (Fitzgerald y Murray, 2006). En la actualidad, el mecanismo de acción de tales péptidos no se comprende totalmente. Sin embargo, se cree que una vez en el tracto gastrointestinal, los péptidos antimicrobianos (AMP) tienen la capacidad de afectar las membranas celulares bacterianas (Lima *et al.*, 2015; Shabir *et al.*, 2018). Este daño es causado principalmente por dos mecanismos: 1) una vez que los AMP se acoplan a la membrana de la célula bacteriana, se forman poros transmembranosos que permiten la fuga del contenido intracelular y, 2) los AMP penetran la membrana celular, desactivando enzimas e inhibiendo la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos (Shabir *et al.*, 2018).

Los péptidos bioactivos con actividad antimicrobiana han sido un excelente sustituto de los antibióticos, teniendo la capacidad de controlar bacterias, virus, hongos y micobacterias (Reddy *et al.*, 2004). Se ha demostrado que los AMP como el péptido A3, P5, colicina E1, y cecropina tienen la capacidad de promover el estado de salud del tracto gastrointestinal, mejorar la microbiota intestinal, mejorar digestibilidad de nutrientes y el rendimiento del crecimiento en cerdos y aves de corral (Tang *et al.*, 2009; Xiao *et al.*, 2015).

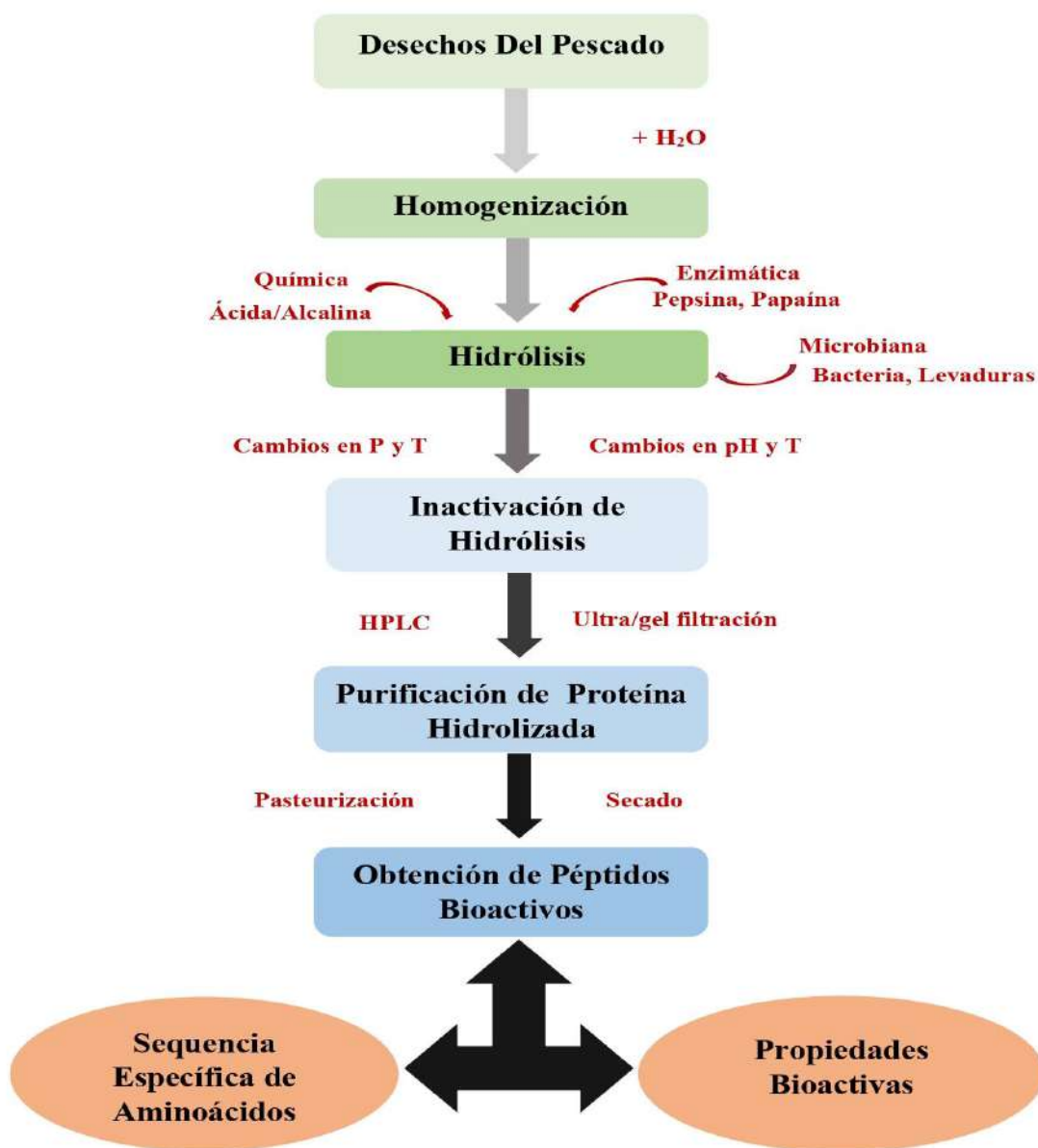
### Actividad Inmunomoduladora:

Ha sido demostrado que los péptidos bioactivos estimulan el sistema inmunológico (Yang *et al.*, 2009) mediante la estimulación de diferentes mecanismos como la proliferación de linfocitos (He *et al.*, 2014), la actividad de las células asesinas naturales (NK) (Hartman y Meisel, 2007), la proliferación de esplenocitos (Kim *et al.*, 2018) y la producción de anticuerpos (Moughan y Markwick, 2013). También, poseen actividades antiinflamatorias al suprimir la síntesis de óxido nítrico y disminuir la proliferación del factor de necrosis tumoral  $\alpha$  y la interleucina-6, que son citocinas proinflamatorias (Ahn *et al.*, 2012). Según Chalamaiah *et al.* (2012), los péptidos bioactivos, que poseen actividad inmunomoduladora, están compuestos de aminoácidos no polares alifáticos-hidrófobos (glicina, valina, leucina y prolina), aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina) y ácido glutámico de carga polar.

**Tabla 1.** Péptidos con Actividad Bioactiva Derivados de la Proteína del Pescado.

Origen	Secuencia de Aminoácidos	Actividad Biológica	Referencia
Hoki ( <i>Johnius belengerii</i> )	Glu-Ser-Thr-Val-Pro-Glu-Arg-Thr-His-Pro-Ala-Cys-Pro-Asp-Phe-Asn	Antioxidante	Kim <i>et al.</i> (2007)
Tuna (Thunnus Thynnus)	Val-Lys-Ala-Gly-Phe-Ala-Trp-Thr-Ala-Asn-Gln-Gln-Leu-Ser	Antioxidante	Je <i>et al.</i> (2007)
Alaska Pollack ( <i>Theragra chalcogramma</i> )	Leu-Pro-His-Ser-Gly-Tyr	Antioxidante	Je <i>et al.</i> (2005)
Tilapia roja ( <i>Oreochromis sp.</i> )	Pro-Gln-Gly-Pro-Ile-Gly-Val-Pro	Antioxidante	Sierra <i>et al.</i> (2021).
Black Pomfret, ( <i>Parastromateus niger</i> )	Ala-Met-Thr-Gly-Leu-Glu-Ala	Antioxidante	Jai <i>et al.</i> (2011)
Robalo ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Phe-Phe-His-His-Ile-Phe-Arg-Gly-Ile-Val-His-Val-Gly-Lys-Thr-Ile-His-Arg-Leu-Val-Thr-Gly	Antimicrobiano	Salerno <i>et al.</i> (2007)

<i>Mero de manchas Naranjas (Epinephelus coioides)</i>	Gly-Phe-Ile_Phe-His- Ile-Ile-Lys- Gly-Leu-Phe-His-Ala-Gly-Lys-Met- Ile-His-Gly-Leu-Val	Antimicrobiano	Shabir <i>et al.</i> (2018)
Atlantic salmon ( <i>Salmo salar</i> )	Arg-Arg-Ser-Gln-Ala-Arg-Lys-Cys- Ser-Arg-Gly-Asn-Gly-Gly-Lys-Ile- Gly-Ser-Ile-Arg-Cys-Arg-Gly-Gly- Gly-Thr-Arg-Leu	Inmunomodulador	Acosta <i>et al.</i> (2019)



**Figura 2.** Esquema Básico de la Producción de Péptidos a Través de Procesos de Hidrólisis de Proteína de Pescado. (P: presión; T: temperatura; pH: potencial de hidrógeno).



## **Efectos de la Suplementación de Subproductos Proteicos Obtenidos del Pescado Sobre el Desempeño Productivo en Cerdos:**

Evidencias científicas reportadas indican que la harina de pescado y los derivados de los desechos de pescado, como los hidrolizados de proteínas, mejoran el rendimiento del crecimiento en los cerdos de cría (Kim y Easter, 2001; Gottlob *et al.*, 2006). Kim y Easter (2001) reportaron mejores eficiencias alimenticias con la suplementación de 5% de harina de pescado en comparación a dietas basales con fuentes de proteína de soya o con plasma porcino (95% Vs 70% y 81%, respectivamente) en cerdos con 15 días de edad post destete. Dichos resultados recomiendan la sustitución del 70% de inclusión de plasma porcino por harina de pescado sin afectar el desempeño productivo.

Thuy y Ha (2016) evaluaron la sustitución de la harina de pescado con proteínas hidrolizadas de pescado (14.2% de inclusión total en la dieta), encontrando mejores ganancias diarias de peso (GDP) consumo diario de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) cuando se sustituyó el 100% de la inclusión de harina de pescado (GDP: 387gramos vs 287 gramos; CDA: 439 gramos vs 447 gramos; CA: 1.43 vs 1.51) en cerdos durante 5 semanas post destete. La alta concentración de cadenas de péptidos cortos en los hidrolizados es absorbida de manera más eficiente que la proteína intacta, incluso sin ser digeridos por proteasas pancreáticas, lo que conduce a un mejor aprovechamiento de las fuentes de aminoácidos y menor gasto de energía, y así repercutiendo positivamente en el rendimiento del crecimiento (Gilbert *et al.*, 2008).

Zhantian *et al.* (2009) en su estudio en cerdos en la etapa de inicio, indica que la suplementación con hidrolizados de proteína de especies marinas en combinación con plasma seco por aspersion tuvo una respuesta similar en comparación con los cerdos alimentados con hidrolizados de especies marinas con harina de soja. También, Tucker (2011) y Norgard *et al.*, (2012) no encontraron diferencias en peso corporal, ganancia diaria de peso y consumo de alimento en cerdos alimentados con una dieta basada en harina de soja versus una dieta con harina pescado. Sin embargo, se reportaron mejores ganancias de peso cuando los cerdos fueron alimentados con proteína hidrolizada de pescado como la principal fuente de proteína. Interesantemente, una vez se

suplementó la proteína hidrolizada de pescado en conjunto con plasma porcino, el desempeño se vio afectado.

Dichas evidencias reportadas anteriormente indican mejores beneficios de la inclusión de proteínas hidrolizadas de pescado en el desempeño productivo en cerdos en comparación a aquellas obtenidas de la misma fuente, pero, sin ser sometidas previamente a un proceso de hidrólisis. Estudios sobre la inclusión de proteínas hidrolizadas de pescado en las dietas para cerdos, reemplazando la harina de pescado o soya, en combinación con otros péptidos bioactivos ha sido inconsistente. Científicamente, no ha sido establecido con claridad si existe un efecto antagonista en la suplementación mixta de péptidos bioactivos con ciertas fuentes proteicas de origen animal. Sobre esta base, se necesitan futuras investigaciones para definir el modo de acción de los hidrolizados de proteínas de pescado cuando se combinan con otros aditivos alimentarios, los cuales podrían tener un efecto sinérgico en las actividades fisiológicas estimuladas por los péptidos bioactivos.

## **CONCLUSIONES**

La utilización de hidrolizados proteicos derivados del pescado y la tendencia en la obtención de péptidos específicos prometen un alto impacto en la eficiencia alimenticia en animales de interés zootécnico, como también una herramienta en la utilización de subproductos de desechos, que de otra manera, son un costo adicional en los sistemas pesqueros como también una posible fuente de contaminación ambiental. Se hace necesario desarrollar investigaciones sobre el estudio de otras posibles funciones de los péptido derivados de proteínas hidrolizadas de pescado y sus niveles de inclusión en las dietas para cerdos.

## **REFERENCIAS**

- Abuine, R., Rathnayake, A., y Byun, H. (2019). Biological activity of peptides purified from fish skin hydrolysates. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 22: 1-14, <https://doi.org/10.1186/s41240-019-0125-4>
- Acosta, J., Roa, F., González, I., Astuyab, A., Maura, R., Montesinoa R., Muñoz, C., Camacho, F., Saavedra, P., Valenzuela, A., Sánchez, O., y Toledo, J. (2019). In vitro immunomodulatory activities of peptides derived from *Salmo salar* NK-lysin and cathelicidin in fish cells. *Fish and Shellfish Immunology*, 88, 587-594.

- Ahn, C., Je, J., y Cho, Y. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory peptide fraction from salmon byproduct protein hydrolysates by peptic hydrolysis. *Food Research International*, 49: 92–98, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.08.002>
- Barlow, S. (1993). Fish meal. *Encyclopedia of Food and Technology and Nutrition*.
- Barzana, E., y Garcia, M. (1994). *Production of fish protein concentrates*. In A. M. Martin (Ed). Fisheries processing; biotechnological applications (pp. 206-222). Germany, Springer-Science + Business media.
- Bucci, L., y Unlu, L. (2000). *Protein and amino acid supplements in exercise and sport*. In: Wolinsky I, Driskell JA (eds) Energy-yielding macronutrients and energy metabolism in sports nutrition.
- Calder, P. (2021). *Health benefits of omega-3 fatty acids*. Omega-3 Delivery Systems. Production, Physical Characterization and Oxidative Stability. Academic Press, Massachusetts., EE.UU.
- Chalamaiah, M., Dinesh K., Hemalatha, R., y Jyothirmayi, T. (2012). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*, 135: 3020-3038, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.100>
- Cho, J., y Kim, I. (2011). Fish meal – nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95: 685-692, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01109.x>
- Cipolari, O., de Oliveira, X., y Conceicao, K. (2020). Fish bioactive peptides: a systematic review focused on sting and skin. *Journal of Aquaculture*, 515, <https://doi.org/10.1016/734598>
- Cooper, G., y Hausman, R. (2004). *The Cell: A Molecular Approach*, third ed. Sinauer Associates, Washington, D.C.
- Dai, Z., Wu, Z., Jia, S., y Wu, G. (2014). Analysis of amino acid composition in proteins of animal tissues and foods as pre-column o-phthaldialdehyde derivatives by HPLC with fluorescence detection. *Journal of Chromatography B*, 964: 116–27.
- Dong, S., Zeng, M., Wang, D., Liu, Z., Zhao, Y., y Yang, H. (2008). Antioxidant and biochemical properties of protein hydrolysates prepared from Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry*, 107:1485–1493.
- Elias, R., Kellerby, S., y Decker, E. (2008). Antioxidant activity of proteins and peptides. *Critical Reviews in Food Sciences and Nutrition*, 48: 430–41.
- Fitzgerald, R., y Murray, B. (2006). Bioactive peptides and lactic fermentations. *Int J Dairy Technol*, 59:118-125.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all.
- Gevaert, B., Veryser, L., Verbeke, F., Wynendaele, E., y De Spiegeleer, B. (2016). Fish hydrolysates: A regulatory perspective of bioactive peptides. *Protein and Peptide Letters*, 23: 1-9, <https://doi.org/10.2174/0929866523666161102122637>
- Gilbert, E., Wong, E., y Webb, K. (2008). Board-invited review: Peptide absorption and utilization: Implications for animal nutrition and health. *Journal of Animal Science*, 86: 2135-2155, <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0826>
- Gottlob, R., DeRouchev, J., Tokach, M., Goodband, R., Dritz, S., Nelssen, J., Hastad, G., y Knabe, D. (2006). Amino acid and energy digestibility of protein sources for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 84: 1396-1402
- Halim, N., Yusof, H., y Sarbon, N. (2016). Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends Food Sciences and Technology*, 51: 24-33.
- Harnedy, P., y FitzGerald, R. (2012). Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. *Journal of Functional Foods*, 4: 6-24, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.001>
- He, X., Cao, W., Pan, G., Yang, L., y Zhang, C. (2014). Enzymatic hydrolysis optimization of paphia undulata and lymphocyte proliferation activity of the isolated peptide fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 1544-1553. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6859>
- Hordur, K., Rasco, B. (2000). Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1), 43-81.
- Hou, Y., Wu, Z., Dai, Z., Wang, G., y Wu, G. (2017). Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8, <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0153-9>
- Huang, C., Wu, C., Yang, J., Li, Y., y Kuo, J. (2015). Evaluation of iron-binding activity of collagen peptides prepared from the scales of four cultivated fishes in Taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23: 671-678. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2014.06.009>
- Ishak, N., y Sarbon, N. (2018). A Review of Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides Deriving from Wastes Generated by Fish Processing. *Food and Bioprocess Technology*, 11(1), 2–16, <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1940-1>
- Jai, R., Nazeer, R., y Sampath, N. (2011). Purification and Identification of Antioxidant Peptide from Black Pomfret, *Parastromateus niger* (Bloch, 1975) Viscera Protein Hydrolysate. *Food Sci. Biotechnol*, 20(4): 1087-1094

- Je, J., Qian, Z., Byun, H., y Kim, S. (2007). Purification and characterization of an antioxidant peptide obtained from tuna backbone protein by enzymatic hydrolysis. *Process Biochemistry*, 42, 840–846.
- Je, J., Park, P., y Kim, S. (2005). Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) frame protein hydrolysate. *Food Research International*, 38, 45–50.
- Jones, A., Woodworth, J., Tokach, M., Goodband, R., DeRouchey, J., y Dritz, S. (2018). Fish meal solubles. Do they influence nursery pig performance. Available in: <https://www.nationalhogfarmer.com/print/22741>
- Keledjian, A., Brogan, G., Lowell, B., Warrenchuk, J., Enticknap, B., Shester G., Hirshfield, M., y Cano, D. (2014). Wasted catch: unsolved problems in U.S. fisheries. *Oceana*. Available in: [https://oceana.org/wp-content/uploads/sites/18/Bycatch\\_Report\\_FINAL.pdf](https://oceana.org/wp-content/uploads/sites/18/Bycatch_Report_FINAL.pdf)
- Kim, M., Kim, K., Sung, N., Byun, E., Nam, H., y Ahn, D. (2018). Immune-enhancement effects of tuna cooking drip and its enzymatic hydrolysate in balb/c mice. *Food Sci Biotechnol*. 27(1): 131-137, <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0278-9>
- Kim, S., y Easter, R. (2001). Nutritional value of fish meals in the diet for young pigs. *Journal of Animal Science*, 79: 1829, <https://doi.org/10.2527/2001.7971829x>
- Kim, S., Je, J., y Kim, S. (2007). Purification and characterization of antioxidant peptide from hoki (*Johnius belengerii*) frame protein by gastrointestinal digestion. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 18, 31–38.
- Kristinsson, H., y Rasco, B. (2000). Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 40, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>
- Li, Q., Brendemuhl, J., Jeong, K., y Badinga, L. (2014). Effects of dietary omega-3 polyunsaturated fatty acids on growth and immune response of weanling pigs. *Journal of Animal Science and Technology*, 56: 7 <https://doi.org/10.1186/2055-0391-56-7>
- Lima, C., Campos, J., Filho, J., Converti, A., da Cunha, M., y Porto, A. (2015). Antimicrobial and radical scavenging properties of bovine collagen hydrolysates produced by *Penicillium aurantiogriseum* URM 4622 collagenase. *Journal of Food Sciences and Technology*, 52: 4459–4466. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1463-y>
- Lopera, L., Sepúlveda, C., Vásquez, P., Figueroa, O., Zapata, J. (2018). Byproducts of aquaculture processes: development and prospective uses. Review. *Foods: Science, Engineering and Technology*. 25(3), 128-140. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n3a03>

- López, L., Gutiérrez, J., y Serna, S. (2014). Bioactive peptides and hydrolysates from pulses and their potential use as functional ingredients. *Journal of Food Sciences*, 79: 273–283. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12365>
- López, G., Dublan, O., Arizmendi, D., Gómez, Leobardo. (2022). Antioxidant and antimicrobial peptides derived from food proteins. *Molecules*, 27(4), 1343, <https://doi.org/10.3390/molecules27041343>
- Mahro, B., y Timm, M. (2007). Potential of biowaste from the food industry as a biomass resource. *Engineering in Life Sciences*. 7: 457–468. <https://doi.org/10.1002/elsc.200620206>
- Miles, R., y Chapman, F. (2012). The benefits of fish meal in aquaculture diets. University of Florida, IFAS Extension.
- Moughan, P., y Markwich, K. (2013). *Food bioactive proteins and peptides: antimicrobial, immunomodulatory, and anti-inflammatory effects*. In P.C. Calder and P, Yaqoob (Eds). Diet, immunity, and inflammation (pp. 313-340). Cambridge, UK: Woodhead publishing limited.
- Murray, B., y FitzGerald, R. (2007). Angiotensin converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins: Biochemistry, bioactivity, and production. *Current Pharmaceutical Design*, 13: 773–791, <https://doi.org/10.2174/138161207780363068>
- Mustatea, G., Ungureanu, E., y Lorga, E. (2019). Protein acidic hydrolysis for amino acids analysis in food- progress over time: a short review. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 26: 81-87.
- Norgaard, J., Blaabjerg, K., y Poulsen, H. (2012). Salmon protein hydrolysate as a protein source in feed for young pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 177: 124-129, <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2012.08.003>
- NRC, (2012). *Nutritional requirements of swine*. 11th edition. The National Academies Press, Washington, D.C.
- Pasupuleti, V., y Braun, S. (2010). *State of the art manufacturing of protein hydrolysates*. In V.K. Pasupuleti and A.L. Demain (Eds), Protein hydrolysates in biotechnology (pp. 11-32). Dordrecht: Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6674-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6674-0_2)
- Pasupuleki, V., Holmes, C., y Demain, A. (2010). *Applications of protein hydrolysates in biotechnology*. In Pasupuleki V.K, & Demain A.L (Eds), Protein hydrolysates in biotechnology (pp. 1–9). New York: Springer Science.
- Petrova, I., Tolstorebrov, I., y Eikevik, T. (2018). Production of fish protein hydrolysates step by step: Technological aspects, equipment used, major energy costs and methods of their minimizing. *International Aquatic Research*, 10:223-241, <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0207-4>

- Pihlanto, A. (2000). Bioactive peptides derived from bovine whey proteins. *Trends Food Sciences Technology*, 11:347–56
- Rauta, P., Nayak, B., y Das, S. (2012). Immune system and immune responses in fish and their role in comparative immunity study: a model for higher organisms. *Immunology Letters*, 148, 23–33
- Reddy, K., Yedery, R., y Aranha, C. (2004). Antimicrobial peptides: premises and promises. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 24: 536–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2004.09.005>
- Richardson, T. y Hyslop, D. (1984). *Enzymes, in Food Chemistry*, 2nd ed., Fennema, O. R., Ed., Marcel Dekker Inc., New York.
- Sánchez, A., y Vásquez, A. (2017). Bioactive peptides: A review. *Food Quality and Safety*, 1: 29–46. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx006>
- Shabir, U., Ali, S., Magray, A., Ganai, B., Firdous, P., Hassan, T, y Nazir, R. (2018). Fish antimicrobial peptides (AMP's) as essential and promising molecular therapeutic agents: a review. *Microbial Pathogenesis*, 114: 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.11.039>
- Skanderby, M. (1994). Protein hydrolysates: their functionality and applications, *Food Technol. Int. Eur.*, 10, 141.
- Salerno, G., Parrinello, N., Salerno, G., Parrinello, N., y Roch, P. (2007). cDNA sequence and tissue expression of an antimicrobial peptide, dicentracin; a new component of the moronecidin family isolated from head kidney leukocytes of sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 146(4):521–529.
- Sierra, L., Fan, H., Zapata, J., y Wu, J. (2021). Antioxidant peptides derived from hydrolysates of red tilapia (*Oreochromis sp.*) scale. *Food Science and Technology*, 146.
- Tang, Z., Yin, Y., Zhang, Y., Huang, R., Sun, Z., Li, T., Chu, W., Kong, X., Li, L., Geng, M., y Tu, Q. (2009). Effects of dietary supplementation with an expressed fusion peptide bovine lactoferricin-lactoferrampin on performance, immune function and intestinal mucosal morphology in piglets weaned at age 21 d. *British Journal of Nutrition*, 101: 998–1005, <https://doi.org/10.1017/S0007114508055633>
- Thakar, P., Patel, J., y Joshi, N. (1991). Protein hydrolysates: a review, *Indian J. Dairy Sci.*, 44(9), 557.
- Thuy, N., y Ha, N.C. (2016). Effect of replacing marine fish meal with catfish (*Pangasius hypophthalmus*) by-product protein hydrolysate on the growth performance and diarrhea incidence in weaned piglets. *Tropical Animal Health and Production*, 48:1435-1422

- Tucker, J., Naranjo, V., Bidner, T., y Southern, L. (2011). Effect of salmon protein hydrolysate and spray-dried plasma protein on growth performance of weanling pigs. *Journal of Animal Science*, 89: 1466–1473
- Venugopal, V. (2016). Enzymes from seafood processing waste and their applications in seafood processing. *Advances in Food and Nutrition Research*, 78: 47-69, <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.06.004>
- Walther, B., y Sieber, R. (2011). Bioactive proteins and peptides in foods. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 81: 181-192. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000054>
- Ween, O., Stangeland, J. K., Fylling, T. S., y Aas, G. (2017). Nutritional and functional properties of fishmeal produced from fresh by-products of cod (*gadus morhua* L.) and saithe (*pollachius virens*). *Heliyon*, 3, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00343>
- Xiao, H., Shao, F., Wu, M., Ren, W., Xiong, X., Tan, B., y Yin, Y. (2015). The application of antimicrobial peptides as growth and health promoters for swine. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6, <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0018-z>
- Yang, R., Zhang, Z., Pei, X., Han, X., Wang, J., Wang, L., Long, Z., Shen, X., y Li, Y. (2009). Immunomodulatory effects of marine oligopeptide preparation from chum salmon (*oncorhynchus keta*) in mice. *Food Chemistry*, 113: 464-470. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.086>
- Zhantian, S., Ma, Q., Li, Z., y Ji, Ch. (2009). Effect of partial substitution of dietary spray-dried porcine plasma or fishmeal with soybean and shrimp protein hydrolysate on growth performance, nutrient digestibility and serum biochemical parameters of weanling piglets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 22: 1032-1037.
- Zinn, K., Hernot, D., Fastinger, N., Karr-Lilienthal, L., Bechtel, P., Swanson, K., y Fahey, G. (2009). Fish protein substrates can substitute effectively for poultry by-product meal when incorporated in high-quality senior dog diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93: 447-455, <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00826.x>



## CUERO DE RES GRABADO: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE A LAS PIELES EXÓTICAS

## PRINTED COWHIDE LEATHER: A SUSTAINABLE ALTERNATIVE TO EXOTIC SKINS

*Rubén D. Collantes G.<sup>1,2\*</sup>, Maricsa Jerkovic<sup>2</sup>, Alonso Santos-Murgas<sup>3</sup> y Martín A. Caballero E.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá (rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>; maxel797@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6124-0935>)

<sup>2</sup>Fundación Hrvatska. Panamá (maricsajerkovic@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0982-9088>)

<sup>3</sup>Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Panamá (santasmurgasa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>)

\*Correo de Correspondencia: rdcg31@hotmail.com

Recibido:28/04/2022

Aceptado:11/05/2022

**RESUMEN.** Las pieles exóticas son muy apreciadas por sus formas y patrones. Sin embargo, los productos confeccionados con estos materiales suelen ser costosos y poco disponibles. Además, existen riesgos potenciales generados por la caza furtiva, el contrabando y el maltrato animal. La piel de res es una materia prima generada constantemente y cuyo aprovechamiento podría ser optimizado en Panamá. El objetivo de este trabajo es conocer la percepción del cuero de res grabado como alternativa sostenible a las pieles exóticas. Para ello, se desarrolló una encuesta con 30 personas escogidas al azar, a las cuales se les presentaron seis productos, tres confeccionados con pieles exóticas genuinas y tres productos confeccionados con cuero de res grabado. Las respuestas fueron registradas y analizadas mediante el programa Microsoft Excel. De acuerdo con los resultados, el 73,3% de los encuestados identificó la piel de serpiente genuina, 80% afirmó que la piel de avestruz era genuina y 83,3% indicó que la piel de cocodrilo era genuina; mientras que el 53,3% respondió que las imitaciones de piel de serpiente y avestruz eran genuinas, y 56,7% señaló que la imitación de piel de cocodrilo era genuina. Adicionalmente, de manera unánime los encuestados indicaron que todos los productos presentados estaban bien trabajados y que resultó difícil diferenciar a simple vista los materiales utilizados. En conclusión, el cuero de res grabado es un potencial sustituto de pieles exóticas, siendo más accesible para los consumidores, pudiendo generar valor agregado en la industria nacional y contribuir con la sostenibilidad de los ecosistemas.

**PALABRAS CLAVE:** Avestruz, cocodrilo, patrón, serpiente, textura.

**ABSTRACT.** Exotic skins are highly prized for their shapes and patterns. However, products made from these materials are often expensive, scarce, and have potential risks such as poaching, smuggling, and animal abuse. Cowhide is a more available raw material and the use of which could be optimized in Panama. The objective of this work is to know the perception of printed cowhide leather as a sustainable alternative to exotic skins. For this, a survey was developed with 30 people chosen at random, who were presented with six products, three made with genuine exotic skins and three products made with printed cowhide leather. The responses were recorded and analyzed using the Microsoft Excel software. According to the results, 73.3% of the respondents identified genuine snake skin, 80% said ostrich skin was genuine, and 83.3% said crocodile skin was genuine; while 53.3% answered that imitations of snake and ostrich skin were genuine and 56.7% indicated that imitation crocodile skin was genuine. Additionally, the respondents unanimously indicated that all the products presented were well worked and that it was difficult at first glance to differentiate between the materials used. In conclusion, printed cowhide leather is an alternative with potential as a substitute for exotic skins, being more affordable to consumers, being able to add value in the national industry and to contribute to the sustainability of the ecosystem.

**KEYWORDS:** Crocodile, ostrich, pattern, snake, texture.

## INTRODUCCIÓN

El cuero es uno de los materiales más utilizados para confeccionar artículos como zapatos, carteras, bolsos, chaquetas, correas, entre muchos otros; siendo común los de res, cabra, oveja y cerdo (ER, 2021). Sin embargo, para mercados más exigentes, se suelen ocupar pieles exóticas como las de cocodrilo, avestruz, serpiente y pescado, por dar algunos ejemplos (Martínez, 2021). Optar por productos artesanales elaborados con pieles exóticas tiene a su favor la belleza, calidad, diseño, exclusividad y durabilidad; esto último siempre y cuando la selección de los materiales haya sido adecuada acompañada de cuidados según el tipo de piel (Ancona, 2021b).

La industria de pieles exóticas, manejada correctamente, puede generar oportunidades de desarrollo; como la cría de avestruz presentada por Ancona (2021a), la cual tiene como ventajas el no afectar la fauna silvestre, reducir el grado de compactación del suelo, producir menor cantidad de gas metano, consumir menor cantidad de agua y poder adaptarse a condiciones extremas. En Panamá existe el zoo criadero Panagator ubicado en Chilibre, el cual, pasó de ser una atracción turística y exportadora de pieles curtidas, a producir artículos confeccionados con piel de cocodrilo y lagarto, cuyo costo suele superar los USD 400.00 por pieza (Santamaría, 2012).

Lo último concuerda con lo presentado por Ancona (2021b) y Martínez (2021), porque el uso de pieles exóticas puede duplicar o triplicar el precio final del producto. Esto a su vez fomenta el riesgo de contrabando; sobre lo cual, Martínez (2020) expone que, entre 2003 y 2013, en los Estados Unidos de América se incautó, a marcas reconocidas, más de 5.500 productos elaborados con pieles exóticas, por haber sido presuntamente obtenidas de manera ilegal. Adicionalmente, Martínez (2020), señaló cómo el mercado negro de partes de animales exóticos representa la segunda causa de la pérdida de biodiversidad, tras la destrucción de los ecosistemas naturales.

Por su parte PETA (2021a) denunció cómo en cuatro granjas ubicadas en Asia los cocodrilos son sacrificados de manera cruel, en condiciones insalubres e inapropiadas tanto para los reptiles como para los seres humanos; situación semejante a lo encontrado en Vietnam por PETA (2021b), respecto al sacrificio de pitones para la obtención de piel. Mediante contenido audiovisual, dicha organización procura crear consciencia en las personas para desistir del consumo de artículos elaborados con pieles exóticas, en aras de frenar el maltrato animal.

En países como México, la industria del cuero está tan desarrollada que existe una alternativa más económica al uso de pieles exóticas, la cual consiste en el uso del cuero de res trabajado para imitar dicho aspecto; al punto de poder pasar por la especie de interés, como avestruz, cocodrilo, serpiente, etcétera (Flores, 2018). Esto a su vez concuerda con lo presentado por Redwood (2008), sobre cómo el cuero por sí mismo es una marca de calidad reconocida por los consumidores y por todos los que forman parte de dicha cadena de valor. En Panamá, el cuero procedente del sacrificio de reses tiene potencial de poder ser aprovechado de mejor manera (R. De Armas, comunicación personal, 14 de abril de 2022). Por todo lo expuesto, el objetivo de este estudio fue conocer la percepción de los consumidores en diferentes locaciones de Panamá, respecto al cuero de res grabado, como una alternativa con potencial frente al uso de pieles exóticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer la percepción de las personas, se desarrolló una encuesta (Casa et al., 2003), con 30 personas distribuidos en diferentes partes de Panamá, todos mayores de edad, escogidos al azar, a los cuales se les presentó de manera individual seis productos, tres confeccionados con cuero de res grabado y otros tres con pieles exóticas de serpiente, avestruz y cocodrilo (Figura 1).



**Figura 1.** Artículos de cuero de res grabado vs. pieles exóticas: A) Imitación de serpiente; B) Imitación de Avestruz; C) Imitación de cocodrilo; D) Serpiente; E) Avestruz; F) Cocodrilo.

Todos los productos de cuero y pieles exóticas utilizados fueron obtenidos de manera legítima. Se escogieron las pieles de serpiente, avestruz y cocodrilo, al ser de las más comercializadas. La finalidad del estudio fue determinar si los encuestados eran capaces de diferenciar acertadamente la piel exótica genuina de la piel de res grabada. Los datos obtenidos fueron registrados y analizados mediante el programa Microsoft Excel, aplicando estadística descriptiva. Complementariamente, se realizaron entrevistas a personas con experiencia relacionadas con el

sacrificio de reses, así como en la manufactura de productos de cuero y otros emprendimientos sostenibles en Panamá. Todas las imágenes presentadas en este trabajo son originales e inéditas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo con los resultados, el 73,3% de los encuestados identificó la piel de serpiente genuina, 80% afirmó que la piel de avestruz era genuina y 83,3% indicó que la piel de cocodrilo era genuina; mientras que, el 53,3% respondió que las imitaciones (cuero de res grabado), de piel de serpiente y avestruz eran genuinas y 56,7% señaló que la imitación de piel de cocodrilo era genuina. Adicionalmente, de manera unánime los encuestados indicaron que todos los productos presentados estaban bien trabajados y que resultó difícil diferenciar los materiales utilizados; lo cual explica el porqué, más del 50% confundiera el cuero de res grabado con piel exótica legítima. Esto último concuerda con lo señalado por Flores (2018), porque todos los productos presentados durante el estudio son de origen mexicano y el trabajo de grabado de buena calidad. Además, solamente una persona de las entrevistadas logró acertar al distinguir las pieles exóticas de las réplicas en cuero grabado, al poseer experiencia en el tema.

De acuerdo con El Capital Financiero (2021), de enero a noviembre de 2021, se sacrificaron más de 320 mil cabezas de ganado vacuno; lo cual, a un 50% de eficiencia, representaría al menos 160 mil cueros completos. Adicionalmente, De Cuero (2018), señaló que un cuero completo mide por lo menos 4 m<sup>2</sup>, siendo requeridos para la confección de un par de zapatos hasta 30 dm<sup>2</sup> (0,3 m<sup>2</sup>); con lo cual, un cuero completo rendiría potencialmente para confeccionar por lo menos 13 pares de zapatos, equivalente a cinco maletines o dos mochilas de viaje. Con dichas estimaciones, destinando 50 mil cueros completos por año para la confección de zapatos, se obtendrían 650 mil pares; haciendo lo propio para la fabricación de maletines, rendiría 250 mil de estos artículos y para el caso de mochilas, al menos unas 100 mil unidades.

Asignando un valor de USD 50,00 por par de zapatos, se tendría un monto de USD 32,5 millones, en el caso de maletines vendidos a USD 100,00, representaría unos USD 25 millones y las mochilas vendidas a USD 150,00 representaría alrededor de USD 15 millones; sumando un total de USD 72,5 millones generados por esta industria. Según R. Lam, artesano dedicado a la confección de artículos de cuero en Volcán, Tierras Altas, Panamá, el costo de fabricación por artículo puede representar entre el 60 y 65% del precio de venta, dependiendo de la calidad de los materiales empleados (comunicación personal, 27 de abril de 2022). Por tanto, considerando una ganancia del 35% del precio de venta, por artículo, se obtendrían utilidades de más de USD 25 millones en esta industria.

Las cifras presentadas son económicamente alentadoras, sin embargo, actualmente el desarrollo de la curtiembre en Panamá es muy incipiente. Santamaría (2012), señaló que Panagator confrontó problemas, cuando la principal empresa que ocupaban para la curtiembre de pieles cerró; viéndose obligados a reorientar la dirección del negocio. Por otro lado, en Panamá la mayor cuota de mercado de productos artesanales elaborados con cuero de res grabado y pieles exóticas, es cubierta por productos importados, procedentes de México y Colombia (Figura 2); seguidos por lo ofrecido por marcas exclusivas de reconocimiento internacional con sede en el país. Esto

justifica los precios de venta estimados para zapatos, maletines y mochilas; a fin de que puedan competir con la oferta de productos importados. Si bien existen otras alternativas, como los productos sintéticos con patrones animales impresos, se debe considerar el alza del petróleo, producto de la reactivación económica post pandemia y el escenario de conflictos entre Rusia y Ucrania (Jordán, 2022); por lo cual es meritorio impulsar emprendimientos nacionales que dependan menos de insumos externos como los hidrocarburos.

Por otro lado, la fauna silvestre es un recurso natural cuya importancia también se extiende hacia el desarrollo del ecoturismo, la investigación y la docencia, mediante áreas protegidas, reservas y zoológicos (Figura 3). En este sentido, es meritorio destacar la labor del Ministerio de Ambiente a nivel nacional; quienes, durante el año 2021 lograron rescatar y reubicar más de 80 animales de vida silvestre solo en la Provincia de Los Santos. Esto fue posible, gracias a los reportes de los ciudadanos y el apoyo de otras organizaciones; siendo las especies más rescatadas monos aulladores, kinkajú, fragatas, pelícanos, cocodrilos y boas (MiAMBIENTE, 2021b).



**Figura 2.** *Productos importados, confeccionados con cuero de res grabado.*



**Figura 3.** Fauna silvestre: A) *Boa constrictor* L., 1758, Bahía de Panamá; B) *Caiman crocodilus* L., 1758, Lago Gatún, Panamá; C) *Struthio camelus* L., 1758, Parque de Las Leyendas, Perú.

Si bien, Ancona (2021a) presentó, como ventaja ambiental de la crianza de avestruz, la baja emisión de metano; en los sistemas de ganadería bovina se pueden implementar biodigestores, para aprovechar dicho gas como fuente energética (González, 2013). Además, el tener materia prima como la piel de res, constantemente generada producto del sacrificio de animales, justificaría la inversión en tecnologías y procesos adecuados para optimizar el aprovechamiento de este recurso y reducir el maltrato de la piel de los animales (R. De Armas, comunicación personal, 14 de abril de 2022). Según C. Morales, de las principales plantas de sacrificio de Panamá, se sacrifican alrededor de 300 reses por día (más de 100 mil reses al año); de las cuales se aprovecha cerca del 90% de las pieles crudas para la venta por contrato, siendo el precio castigado por pieza ante la presencia de golpes o marcas por herraje (comunicación personal, 28 de abril de 2022).

Según Casorla (2010), entre enero y septiembre de 2010, Panamá exportó pieles y cueros curtidos por un valor de USD 5,7 millones; lo cual brindaba una proyección promisoriosa en este rubro. Sin embargo, MICI (2020), indicó que, durante el año 2019, las exportaciones de pieles y cueros hacia China, el principal mercado, fueron de poco más de USD 816 mil; OEC (2020), refirió que Panamá exportó en otras manufacturas de cuero natural o regenerado, un valor de USD 14,2 mil, posiblemente como consecuencia de la pandemia por COVID-19; Rodríguez (2021), refirió que, durante el año 2021, las exportaciones de pieles y cueros destinados a China ascendieron a USD 143 mil. Estos antecedentes muestran una disminución de las exportaciones de cuero; lo cual podría guardar relación con la desaparición de algunas curtiembres en el país, donde se vende el cuero procesado aproximadamente a USD 50,00 por pieza (Carrera, 2016). Esto permite inferir que, menos del 1% de las pieles obtenidas durante el 2021 fueron exportadas como cuero.

Carrera (2016), explicó además que los mataderos prefieren exportar el cuero en lugar de venderlo localmente; lo cual también compromete la confección de productos artesanales, como taburetes, monturas, cutarras, correas, entre otros. Al comparar los ingresos por exportar materia prima sin procesar frente a los USD 72,5 millones anuales que potencialmente se generarían a mediano plazo invirtiendo en el desarrollo de una industria de cuero diversificada y de mejor calidad, con utilidades estimadas de USD 25 millones al año (sólo procesando el 50% de las pieles obtenidas de los mataderos); se estaría contribuyendo directa e indirectamente con el logro de por lo menos 11 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible enunciados por Naciones Unidas (2020): i) Fin de la pobreza; ii) Educación de calidad; iii) Igualdad de género; iv) Agua limpia y saneamiento; v) Energía asequible y no contaminante; vi) Trabajo decente y crecimiento económico; vii) Industria, innovación e infraestructuras; viii) Reducción de las desigualdades; ix) Producción y consumo responsables; x) Acción por el clima; xi) Vida de ecosistemas terrestres. Todo ello, a su vez, según V. Rodríguez, estaría alineado con otros emprendimientos de desarrollo sostenible que actualmente se vienen desarrollando a nivel país (comunicación personal, 14 de abril de 2022).

Por su parte, Ramírez (2013), señaló que la comercialización de productos agropecuarios no tradicionales representa un reto a superar en las condiciones actuales de transformación del sector primario; viendo en la cría de iguana verde (*Iguana iguana* L., 1758), un rubro con mucho potencial, en específico su piel puede utilizarse para la confección de botas, bolsas, monederos, fundas para navaja, etcétera. En áreas urbanas y periurbanas de la Provincia de Chiriquí, es común observar iguanas verdes, tanto ejemplares jóvenes como adultos (Figura 4), por lo que, mediante el desarrollo de zoo criaderos autorizados (ANAM, 2009) y la capacitación de personal, se podrían obtener múltiples beneficios además de la piel, como proteína animal, mascotas y atractivo turístico. Actualmente en Panamá, existen más de 90 zoo criaderos autorizados por el Ministerio de Ambiente, a los cuales se les da el debido seguimiento (MiAMBIENTE, 2021a).



**Figura 4.** *Iguana iguana* L., en David, Chiriquí: A) Áreas verdes; B) Áreas urbanas.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se puede concluir que el cuero de res grabado es percibido de manera muy similar a las pieles exóticas de mayor demanda; siendo en muchos casos difícil el poder distinguirlos. Por tanto, el cuero de res grabado es una alternativa con potencial como sustituto de pieles exóticas, siendo más accesible, tanto en precio como en disponibilidad para los consumidores. El desarrollo de una industria más especializada en el aprovechamiento del cuero y

otros materiales en Panamá contribuiría con la generación de fuentes de empleo, valor agregado para la producción nacional; redundando todo ello en mejorar la sostenibilidad de los agroecosistemas y de los medios de vida. Esto último adquiere relevancia, al considerar las dificultades confrontadas por COVID-19, sumado al incremento continuo de la población mundial y, por ende, de las necesidades básicas. Se recomienda la reactivación de tenerías, mediante la inversión en infraestructura y procesamiento de materias primas, así como en la formación y capacitación de talento humano.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los encuestados, por colaborar con el desarrollo del presente trabajo. Al Dr. Reinaldo De Armas, a la Ingeniera Vielka Rodríguez, al Licenciado Cristhian Morales, al Sr. Ricardo Lam y a la Sra. Libia Almeida Oviedo, por atender las consultas realizadas durante el desarrollo del estudio.

## REFERENCIAS

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá). (2009). Iguana verde (*Iguana iguana*): Guía de procedimientos para instalar zoo criaderos. <https://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-53.pdf>
- Ancona, M. (2021a). Impacto ambiental de la producción de cuero de avestruz. <https://calzafino.com/blog/environmental-impact-of-ostrich-leather-production.html>
- Ancona, M. (2021b). Pieles exóticas: Principales tipos y sus características. <https://calzafino.com/blog/exotic-leathers-main-types-and-characteristics.html>
- Carrera, J. (2016). Producción e cuero, a un paso de desaparecer. <http://elsiglo.com.pa/economia/produccion-cuero-paso-desaparecer/23937697>
- Casas, J., Repullo, J., y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Aten Primaria*, 31(8), 527-538. <https://core.ac.uk/download/pdf/82245762.pdf>
- Casorla, M. (2010). Mejoran exportaciones de cuero y pieles. <https://elcapitalfinanciero.com/mejoran-exportaciones-de-cuero-y-pieles/>
- De cuero. (2018). ¿Cuánto mide medio cuero? <https://dcuero.online/cuanto-mide-medio-cuero/>
- El Capital Financiero. (2021). Sacrificio de ganado vacuno crece 7% y porcino 12.3% a noviembre 2021. <https://elcapitalfinanciero.com/sacrificio-de-ganado-vacuno-crece-7-y-porcino-12-3-a-noviembre-2021/>



- ER, H. (2021). Academic Aspect of the Leather Industry: An Interpretation from the Perspective of Business Science. *Prizren Social Science Journal*, 5(1), 11–43.  
<https://doi.org/10.32936/pssj.v5i1.205>
- Flores, P. (2018). Hacen pasar cueros de res por pieles de especies raras.  
<https://www.milenio.com/politica/comunidad/hacen-pasar-cueros-de-res-por-pieles-de-especies-raras>
- González, J. (2013). Alternativas para la reducción de emisiones de metano. *Éxito Empresarial*, (246), 1-4.
- Jordán, W. (2022). Alza de petróleo pone presión.  
<https://www.prensa.com/impresia/economia/alza-de-petroleo-pone-presion/>
- Martínez, J. (2020). Tráfico de pieles exóticas. <https://lahormadetunegocio.com/2020/09/28/el-trafico-ilegal-de-las-pieles-exoticas-en-el-mundo/>
- Martínez, J. (2021). Tipos de pieles exóticas para calzados.  
<https://lahormadetunegocio.com/2021/03/08/tipos-de-pieles-exoticas-para-la-confeccion-de-calzado/>
- MiAMBIENTE (Ministerio de Ambiente, Panamá). (2021a). El zoo criadero de Don Alcibiades: un ejemplo de sostenibilidad. <https://www.miambiente.gob.pa/el-zoocriadero-de-don-alcibiades-un-ejemplo-de-sostenibilidad/>
- MiAMBIENTE (Ministerio de Ambiente, Panamá). (2021b). Reubican boa constrictor en Los Santos. <https://www.miambiente.gob.pa/reubican-boa-constrictora-en-los-santos/>
- MICI (Ministerio de Comercio e Industrias, Panamá). (2020). Task Force – Panamá Exporta. <https://intelcom.gob.pa/storage/informes/June2020/K7ROifOtXPKXCSSTEFCA.pdf>
- Naciones Unidas. (2020). Objetivos y metas de desarrollo sostenible.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- OEC (The Observatory of Economic Complexity). (2020). Otras manufacturas de cuero natural o regenerado: En Panamá. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/other-leather-articles/reporter/pan#:~:text=Acerca%20de&text=Exportaciones%3A%20En%202020%20C%20Panam%3A%20export%3B3,Cuero%20Natural%20O%20Cuero%20Regenerado.>
- PETA (People for the Ethical Treatment of Animals). (2021a). PETA Asia Investigation: Crocodiles Electroshocked, Stabbed, Pumped Full of Compressed Air.  
<https://www.youtube.com/watch?v=k61eAZBGDbY>
- PETA. (People for Ethical Treatment of Animals). (2021b). PETA Asia Investigation: Pythons Inflated to Death for Leather. <https://www.youtube.com/watch?v=oZbFa9q5rMI>

Ramírez, J. (2013). Comercialización de especies no tradicionales: El caso de la iguana verde (*Iguana iguana*). <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/comercializacion2003-1.pdf>

Rodríguez, M. (2021). Oferta exportable panameña gana terreno en el mercado internacional. <https://www.laestrella.com.pa/economia/211025/oferta-exportable-panamena-gana-terreno-mercado-internacional>

Redwood, M. (2008). The challenges of the leather industry. *Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists*, 92, 47-52. [https://www.researchgate.net/publication/296237772\\_The\\_challenges\\_of\\_the\\_leather\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/296237772_The_challenges_of_the_leather_industry)

Santamaría, D. (2012). Cocodrilos para todos los gustos. <https://elcapitalfinanciero.com/cocodrilos-para-todos-los-gustos/>

