

# REVISTA

ISSN L 2644-3856

# INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ | FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Vol. 8 No. 1 Diciembre 2025 - Mayo 2026

Publicación Semestral

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



Ciencias Agropecuarias



Disponible en:



# 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 8, N° 1  
DICIEMBRE 2025 - MAYO 2026

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

PANAMÁ



# REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Especializada en Ciencias Agropecuarias

Publicación Semestral

Universidad de Panamá

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Dirección de Investigación y Postgrado

Panamá

Volumen 8, Número 1

Diciembre 2025 - Mayo 2026

**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:***



## ***Disponible 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. Reynaldo Vargas, Editor de la Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA), Universidad de Panamá. Panamá. E-mail: [revistaia\\_fca@up.ac.pa](mailto:revistaia_fca@up.ac.pa) Tel.: 523-3912

# 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  
UNIVERSITARIAS Y ANEXOS**

Mgter. Ricardo A. Parker D.  
**SECRETARIO GENERAL**

Mgter. Eldis Barnes Molinar  
**DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

---



## COMITÉ EDITORIAL

### REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

#### DIRECTOR DE LA REVISTA

**Dr. M.V. Reinaldo de Armas Taboada PhD.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Dirección de Investigación y Postgrado. Departamento de Zootecnia. Panamá

 [reinaldo.dearmas@up.ac.pa](mailto:reinaldo.dearmas@up.ac.pa)

 <https://orcid.org/0000-0003-2488-0113>

#### EDITOR DE LA REVISTA

**Ing. Agr. Reynaldo Vargas PhD.** 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>

#### JEFE DE EDICIÓN

**Licdo. Carmen C. Rovira C. MSc.** Universidad de Panamá. Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación. Departamento de Informática. Panamá

 [carmen.rovira@up.ac.pa](mailto:carmen.rovira@up.ac.pa)

 <https://orcid.org/0000-0003-4277-5691>

#### CONSEJO CIENTÍFICO EDITORIAL

**Ing. Agr. Carlos Him Dr.Sc.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Suelos y Aguas. Panamá

**Dr. Carlos Leyva Dr.Sc.** Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical (CIMAGT). Cuba

**Dr.M.V. Ramón Denis García. DrSc..** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

**Dr. Alberto Menéndez Buxadera DrSc.** Prof Adjunto Universidad de Córdoba España. Investigador Independiente. Estados Unidos

**Dr.M.V. Axel Iván Villalobos DrSc.** Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá

**Dr. José Giacomo Baccarin.** Professor Economia Rural. UNESP, campus de Jaboticabal (SP). Brazil

**Ing. Fidel Ovidio Castro PhD.** Universidad de Concepción, Campus Chillan. Chile.


## EDITORES TEMÁTICOS

**Licdo. Alex Eliesser Ríos Moreno PhD.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Protección Vegetal. Panamá

 [alex.morenom@up.ac.pa](mailto:alex.morenom@up.ac.pa)


 <https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>

**Ing. Agr. Reggie G. Guerra M. PhD.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Zootecnia. Panamá

 [reggie.guerra@up.ac.pa](mailto:reggie.guerra@up.ac.pa)


 <https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>

**Ing. Agr. Eldis Barnes Molinar, MSc.,** Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Desarrollo Agropecuario. Panamá

 [enriqueasg@hotmail.com](mailto:enriqueasg@hotmail.com)

 <https://orcid.org/0009-0000-0122-5103>

**Ing. Agr. Zulay Suira O., MSc.,** Universidad de Panamá, Departamento de Desarrollo Agropecuario, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá

 [zulay.suira@up.ac.pa](mailto:zulay.suira@up.ac.pa)

 <https://orcid.org/0000-0002-1232-506X>

**Ing. Agr. Enrique Sánchez-Galán, MSc.,** Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Desarrollo Agropecuario. Panamá

 [enriqueasg@hotmail.com](mailto:enriqueasg@hotmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-9452-8177>

**Ing. Agr. Fernando Galvéz Msc.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia. Panamá

 [fernando.galvez@up.ac.pa](mailto:fernando.galvez@up.ac.pa)

 <https://orcid.org/0009-0000-5138-1753>

**Ing. Agr. Luz I. Loría PhD.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Suelos y Agua. Panamá.

 [luz.loria@up.ac.pa](mailto:luz.loria@up.ac.pa)

 <https://orcid.org/0000-0002-9977-0894>

**Ing. Agr. Carolina Guerra C., MSc.** Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.

 [carolina.guerra@hotmail.com](mailto:carolina.guerra@hotmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-8771-8482>

## EQUIPO TÉCNICO

### MARCACIÓN Y MAQUETACIÓN

**Licda. Carmen C. Rovira C., MSc.,** Universidad de Panamá. Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación. Departamento de Informática. Panamá. Panamá.



[carmen.rovira@up.ac.pa](mailto:carmen.rovira@up.ac.pa)



<https://orcid.org/0000-0003-4277-5691>

### DISEÑO DE PORTADA

**Licda. Noris Miranda.** Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Oficina de Relaciones Públicas.



[noris.miranda@up.ac.pa](mailto:noris.miranda@up.ac.pa)

## EDITORIAL

---

**E**n un mundo que enfrenta desafíos crecientes relacionados con el cambio climático, la disponibilidad de recursos naturales, la transformación tecnológica y las demandas de una población en constante aumento, el papel de las revistas científicas adquiere una relevancia estratégica para el desarrollo del sector agropecuario y la seguridad alimentaria.

Las revistas académicas constituyen un pilar fundamental para la generación, validación y difusión del conocimiento científico, permitiendo que los avances en investigación lleguen de manera oportuna a productores, profesionales, tomadores de decisiones y comunidades académicas. A través de procesos de arbitraje riguroso y la publicación de resultados basados en evidencia, estas plataformas garantizan que la información difundida sea confiable, reproducible y útil para la solución de problemas reales.

En el sector agropecuario, donde las condiciones ambientales, económicas y biológicas cambian con rapidez, el acceso a conocimiento actualizado es más que un beneficio: es una necesidad. Las revistas científicas permiten identificar innovaciones en manejo de cultivos, producción animal, sanidad, nutrición, sistemas sostenibles, tecnologías emergentes y adaptación al cambio climático, contribuyendo directamente a mejorar la productividad y la resiliencia de los sistemas productivos.

Asimismo, la ciencia publicada fortalece la seguridad alimentaria, al ofrecer herramientas y estrategias que permiten incrementar la disponibilidad y calidad de los alimentos, optimizar el uso de los recursos y promover sistemas agropecuarios sostenibles que garanticen la estabilidad de la producción a largo plazo. A través del intercambio de conocimiento, las revistas científicas fomentan la colaboración entre instituciones, investigadores y países, apoyando la construcción de soluciones integrales y de impacto regional.

REYNALDO VARGAS, PhD

EDITOR

REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

---



# INDICE

## SECCIONES EN ESTE NÚMERO

Págs.

### ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Efecto del déficit hídrico en distintas etapas del cultivo de maíz, El Ejido, Los Santos, 2020-2023 11 - 24

Effect of water deficit on different stages of maize, El Ejido, Los Santos, 2020-2023  
*Román Gordón Mendoza, Ana E. Sáez Cigarra, Jorge E. Franco Barrera, Francisco Ramos Manzané y Jorge I. Núñez Cano*

Determinantes socioeconómicos de la producción bovina en agricultura familiar de Río Congo, Darién 25 - 35

Socioeconomic determinants of bovine production in family farming in Rio Congo, Darien  
*Roger Guevara, Andrés Chang y Edwin Pile*

Influencia de las condiciones climáticas durante la estación lluviosa sobre el desarrollo morfológico y productivo de cinco cultivares de cebolla 36 - 49

Influence of climatic conditions during the rainy season on the morphological and productive development of five onion cultivars  
*Waldo Espinosa, Angela Howard, Javier Carneiro y Reynaldo Vargas*

Uso del aceite esencial de orégano, y su efecto sobre el rendimiento productivo en pollos Cobb 500® 50 - 63

Use of oregano essential oil and its effect on productive performance in Cobb 500® chicken  
*Sidney Serrano Fossatti, Mario Arjona-Smith y Benancio Polanco*

Parámetros genéticos para rasgos de crecimiento en bovinos Charolais en el trópico panameño 64 - 77

Genetic parameters for growth traits in Charolais cattle from panamanian tropical conditions  
*Jimmy Jurado, Reggie Guerra, José Miranda, Nohelys Ríos, Carlos Solís y Alberto Menéndez-Buxadera*

### NOTA CIENTÍFICA

Implications on the management of the weedy rice (*oryza spp.*): a silent enemy 78 - 84

Implicaciones en manejo del arroz maleza (*oryza spp.*): un enemigo silencioso  
*Dustin Moreno-Serrano, Einar Castillo y Alex Rios-Moreno*

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Inteligencia artificial en los agronegocios como herramienta de innovación y desarrollo en Colombia: artículo de revisión 85 - 95

Artificial intelligence in agribusiness as a tool for innovation and development in Colombia: review article

*Laura Álvarez – Palomino, Jeimy Lugo - Pinto y Julio Franco – Ortega*

Calidad de la carne porcina: una revisión de factores determinantes *ante mortem* y *post mortem* 96- 110

Pork meat quality: a review of *ante mortem* and *post mortem* determinant factors

*Pacífico Bonilla, Richard Mudarra, Víctor Sánchez y Carlos Solís*

**SOBRE LA REVISTA** 111- 115



## Efecto del déficit hídrico en distintas etapas del cultivo de maíz, El Ejido, Los Santos, 2020-2023

### Effect of water deficit on different stages of maize, El Ejido, Los Santos, 2020-2023

\* Román Gordón Mendoza. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Los Santos, Panamá.

[gordon.roman@gmail.com](mailto:gordon.roman@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8433-2357>

Ana E. Sáez Cigarruista. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Los Santos, Panamá.

[ansacig@gmail.com](mailto:ansacig@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-4901-7263>

Jorge E. Franco Barrera. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Los Santos, Panamá.

[joenfra13@gmail.com](mailto:joenfra13@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0000-0247-411X>

Francisco Ramos Manzané. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Los Santos, Panamá.

[franciscoramos2016@gmail.com](mailto:franciscoramos2016@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-3203-3069>

Jorge I. Núñez Cano. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Los Santos, Panamá.

[jorgenunezcano@gmail.com](mailto:jorgenunezcano@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0005-3417-4791>

\*Autor de Correspondencia: [gordon.roman@gmail.com](mailto:gordon.roman@gmail.com)

Recibido: 08/04/2025

Aceptado: 12/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8760>

**RESUMEN.** Se desarrollo una investigación durante la época seca desde el año 2020 al 2023, con el objetivo de cuantificar el efecto del déficit hídrico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo del maíz. El estudio se desarrolló en la Estación Experimental El Ejido-Los Santos. La unidad experimental constó de seis surcos de 5.2 m de largo. Se evaluaron cuatro niveles de estrés en distintas etapas del cultivo y dos híbridos. Para establecer los distintos niveles de deficiencia hídrica, se suspendió el riego por goteo luego de llegar a la fecha indicada hasta finalizar la misma. Los tratamientos tuvieron un arreglo Factorial en Fajas 4 x 2 en un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Se calculó la Tasa de crecimiento Relativo y absoluto para cada tratamiento. Las variables climáticas se obtuvieron de una estación meteorológica portátil tipo Davis. El análisis estadístico indicó que hubo diferencias estadísticas altamente significativas para el Factor Etapa de la deficiencia hídrica para casi todas las variables. Se observó que el estrés en el secado de grano (85 a 110 dds) no difirió estadísticamente de las parcelas sin déficit hídrico (riego durante todo el desarrollo del cultivo), estos presentaron rendimientos de grano de 5.32 y 5.24 tha<sup>-1</sup>, respectivamente. La fase de prefloración fue la menos afectada con una reducción de 26 %. Mientras que, la etapa floración y llenado del grano (50 a 84 dds) fue la más afectada con una reducción del 55 % del rendimiento.

**PALABRAS CLAVE:** estrés hídrico, tasa absoluta de rendimiento, tasa relativa de crecimiento.

**ABSTRACT.** A study was conducted during the dry season from 2020 to 2023, with the aim of quantifying the effect of water deficit on the different phenological stages of corn cultivation. The study was carried out at the El Ejido-Los Santos Experimental Station. The experimental unit consisted of six rows 5.2 m long. Four stress levels were evaluated at different stages of the crop and two hybrids. To establish the different levels of water deficiency, drip irrigation was suspended after reaching the indicated date until the end of the same. The treatments had a 4 x 2 Strip Factorial arrangement in a Randomized Complete Block design with three replications. The relative and absolute growth rates were calculated for each treatment. The climatic variables were obtained from a Davis-type portable meteorological station. Statistical analysis indicated highly significant differences for the Water Deficiency Stage Factor for almost all variables. It was observed that grain drying stress (85 to 110 das) did not differ statistically from plots without water deficit (irrigation throughout crop development), which showed grain yields of 5.32 and 5.24 tha<sup>-1</sup>, respectively. The pre-flowering phase was the least affected, with a 26 % reduction. Meanwhile, the flowering and grain filling stages (50 to 84 das) were the most affected, with a 55 % yield reduction.

**KEYWORDS:** absolute growth rate, relative growth rate, water stress.



## INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos alimentarios más antiguos y de mayor importancia a nivel mundial. Sin embargo, el cambio climático, junto con la creciente incidencia de sequías severas y recurrentes, reduce significativamente la disponibilidad de agua en el suelo. Esta condición de déficit hídrico influye negativamente en el desarrollo del cultivo, lo que afecta en distintos grados según la etapa fenológica. La sensibilidad del maíz al déficit hídrico varía a lo largo de su ciclo de crecimiento, por lo que en algunas fases su efecto es más crítico que otras para la productividad final (Sáez-Cigarruista et al., 2024).

Según Serrato-Gutiérrez (2023), la disponibilidad limitada de agua para riego constituye una de las principales amenazas para la sostenibilidad de la agricultura y la seguridad alimentaria a nivel global. Esta problemática se agrava por la creciente frecuencia e intensidad de los eventos de sequía, atribuibles al cambio climático.

El aumento de la temperatura y las sequías recurrentes podría llegar a exponer los suelos a una severa desertización en el Arco Seco. Las altas temperaturas, aunado al estrés hídrico, tienen un efecto directo en la fenología del maíz, influenciando su potencial productivo. Los efectos del estrés hídrico en la etapa vegetativa del maíz fueron evaluados por Cakir (2004) durante tres años. En donde se obtuvieron reducciones en la biomasa de 28 a 32 %, pero no constató mayores diferencias en el rendimiento con el testigo regado durante todo el ciclo. La demanda hídrica del maíz varía según su etapa fenológica, y su sensibilidad al déficit hídrico depende del momento en que este ocurra. El impacto del estrés hídrico sobre el rendimiento está determinado por su intensidad y la fase de desarrollo en la que se manifieste, siendo la disponibilidad de humedad en el suelo el principal factor que condiciona el rendimiento y la calidad del cultivo (Sifuentes-Ibarra et al., 2021).

Estudios realizados por McWilliams et al. (1999), demuestran reducciones en el rendimiento de grano del cultivo de maíz provocado por estrés hídrico en diferentes etapas fenológicas del mismo. En la etapa de germinación a V5 no se presentó reducción por sequía o estrés hídrico. Mientras que la sequía en la etapa de V6 a V15 produjo una reducción del rendimiento de grano del 25 %, por otra parte, en la etapa de V16 a R2 afectó en un 50 % el rendimiento de grano del cultivo. Estrés hídrico en la etapa R3 a R5 produjo una merma en el rendimiento de grano de 25 %. Esta información sería una herramienta importante para establecer un excelente manejo agronómico del cultivo. Además de establecer una fecha de siembra óptima y garantizar el desarrollo del cultivo en los meses donde se dé la mayor distribución e intensidad de lluvias. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto del déficit hídrico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo del maíz.

## MATERIALES Y MÉTODO

Esta investigación se realizó en la Estación Experimental del IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá) en El Ejido-Los Santos. La misma está localizada entre los 7°54' de latitud Norte y 80°22' longitud Oeste, a unos 25 metros sobre el nivel del mar. Los ensayos se sembraron a partir del mes de diciembre durante cuatro años (2020 – 2023). La textura del suelo era Franco arcillosa (46-38-16) con una infiltración básica de 29.40 mm/hr y una densidad aparente de 1.38 g/cm<sup>3</sup> en el estrato superior del suelo (Tabla 1). La unidad experimental constó de seis



surcos de 5.2 m de largo, con un arreglo de 0.75 m entre surcos y 0.20 m entre plantas. La parcela efectiva fue los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Los tratamientos tuvieron un arreglo factorial en fajas 4 x 2 en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. En donde se evaluaron dos factores, el primero consistió en cuatro niveles de estrés en distintas etapas del cultivo en la parcela principal o faja y en el segundo factor se consideraron dos híbridos que están siendo utilizados por los productores de la región 30F-35 y ADV9293 como subparcelas.

**Tabla 1**

*Características morfológicas del perfil del suelo, El Ejido, 2020-2023.*

Profundidad (cm)	Penetrómetro (kg/cm <sup>3</sup> )	Textura	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )
0 - 16 cm	650 - 500 - 700 - 700 - 600	Franco arcilloso	1.38
16 - 46 cm	600 - 700 - 520 - 700 - 680	Franco-arcillo-arenoso	1.51
46 - 78 cm	620 - 540 - 420 - 440 - 540	Franco-arcillo-arenoso	1.38
78 - 130 cm	500 - 380 - 600 - 440 - 480	Franco arcilloso	1.32
130 ≥ 160 cm	480 - 400 - 320 - 400 - 300	Franco arcilloso	1.38

Para simular la deficiencia hídrica en las distintas etapas fenológicas, se suspendió el riego por goteo desde el inicio hasta el final del periodo indicado, aplicándose esta condición a toda la faja experimental correspondiente mediante repeticiones. Una vez finalizado el tratamiento en cada parcela, el riego se reanudó con normalidad.

Un tratamiento consistió en el regado durante todo el desarrollo del cultivo (tratamiento sin estrés hídrico). El segundo tratamiento consistió en suspender el riego a partir de la cuarta semana (28 días) hasta la séptima semana (49 días) (cultivo en etapa V8), estrés previo a la floración femenina. El tercer tratamiento consistió en suspender el riego de la séptima semana (V18 a Vt) hasta la semana 12 (84 días) (cultivo en etapa de R3), estrés del inicio de la floración hasta la de fase del grano masoso. El cuarto tratamiento fue suspender el riego de la séptima semana hasta la semana 15 (105 días) (cultivo en etapa R5), estrés desde la floración femenina hasta la etapa previa a la fase de madurez fisiológica o capa negra (Tabla 2). Para el establecimiento de los tratamientos se realizó un riego hasta dejar el suelo a capacidad de campo al iniciar la fecha del estrés. Igualmente, se le aplicó un riego el día que finalizó el estrés.

**Tabla 2**

*Tratamientos evaluados en el ensayo de determinación del efecto del déficit hídrico en maíz, El Ejido, Panamá, 2020-2023.*

Tratamiento	Inicio de estrés	Finalización de estrés	Etapas del cultivo
1	Sin estrés	Sin estrés	
2	4 semana (V8) (28 dds)	7 semana (V18) (49 dds)	Prefloración
3	7 semana (V18 o Vt) (50 dds)	12 semana (R3) (84 dds)	Floración-llenado de grano
4	12 semana (R3) (85 dds)	15 semana (R5) (105 dds)	Secado de grano

El manejo agronómico se realizó según la tecnología generada por el IDIAP. En donde se utilizó una fertilización base de 273 kg·ha<sup>-1</sup> de una fórmula completa 15.8-26-10-7.56 al momento de la siembra. Una primera aplicación de la fertilización suplementaria cuando el cultivo está en etapa



de V6 de 136 kg·ha<sup>-1</sup> de urea-S (38 % N más 7 % de azufre) en aplicación al voleo sobre el surco. Luego cuando el cultivo está entre V9 a V11 se le aplicó 182 kg·ha<sup>-1</sup> de la fórmula 30-0-20 al voleo entre los surcos. El control de malezas consistió en la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimetalina a razón de 1.5 kg·ha<sup>-1</sup> de i.a. de cada herbicida posterior a la siembra del ensayo.

Durante el ciclo del cultivo se evaluaron distintas variables agronómicas, tanto en las etapas de desarrollo como al momento de la cosecha. Entre las variables medidas, se realizaron muestreos para la determinación de biomasa o materia seca aérea al inicio y final de cada periodo de estrés; para esto se cortaron plantas se pesaron antes y después de colocarlas en un horno a 70 °C; además se realizó un conteo del número de hojas, altura de la planta y se midió el diámetro de los tallos con ayuda de un calibrador de Vernier al iniciar y suspender el riego. Se midió la floración masculina y femenina, altura de la planta y mazorca, número de plantas acamadas, número de plantas y mazorcas cosechadas, rendimiento de grano y % humedad del grano. Las variables climáticas se obtuvieron de una estación meteorológica portátil tipo Davis, ubicada a menos de 100 m lineales de la parcela experimental (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Variables climáticas medidas por etapa del cultivo, El Ejido, Panamá 2020-2023.*

	Siembra a 28 dds	29 a 49 dds	50 a 84 dds	85 a 105 dds
Temperatura máxima-suma	910	691	1158	878
Temperatura mínima	23.0	24.3	24.2	24.5
Temperatura promedio-suma	777	601	1002	758
Radiación solar promedio	166	188	206	212
Radiación solar máxima	685	709	762	788
Humedad Relativa máxima	93.0	87.3	86.4	87.0
Humedad Relativa mínima	62.2	58.1	55.1	55.7
Humedad Relativa promedio	77.6	72.7	70.7	71.4
VPD promedio	1.03	1.25	1.35	1.37
VPD-suma	28.88	26.23	47.14	35.63

VPD = Déficit de Presión de Vapor, dds = días después de siembra

Adicional a estas variables se determinó las relaciones de crecimiento tales como Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) y Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) por el método funcional a través de las ecuaciones descritas por Di Benedetto & Tognetti (2016) para cada tratamiento.

$$TRC = \frac{\ln MS_2 - \ln MS_1}{T_2 - T_1}$$

$$TAC = \frac{MS_2 - MS_1}{T_2 - T_1}$$





En donde:

$\text{LnMS}_1$  = Log natural de la materia seca al inicio del estrés

$\text{LnMS}_2$  = Log natural de la materia seca al final del estrés

$\text{MS}_1$  = Peso seco al inicio del período de estrés

$\text{MS}_2$  = Peso seco al final del período de estrés

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de grano y sus componentes

El análisis de varianza combinado a través de los años indicó diferencias estadísticas para los años, época del estrés y las interacciones de época del estrés por año y época del estrés por híbrido (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Significancia estadística y estadísticos de precisión para cada una de las variables del rendimiento y sus componentes, El Ejido, 2020-2023.*

Fuente de Variación	FF	ALPT	ALMZ	PTM2	MZM2	MXP	PMZ	REND	CGR	BIOM	INDC
Repetición	0.37	0.21	0.36	0.82	0.44	0.41	0.92	0.98	0.98	0.92	0.86
Año	0.00	0.01	0.00	0.14	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estrés	0.04	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Año*Estrés	0.12	0.00	0.00	0.27	0.06	0.22	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
Híbrido	0.07	0.04	0.63	0.22	0.62	0.04	0.12	0.13	0.00	0.05	0.06
Año*Híbrido	0.36	0.01	0.10	0.20	0.57	0.79	0.32	0.14	0.13	0.09	0.04
Estrés*Híbrido	0.37	0.03	0.12	0.11	0.44	0.71	0.04	0.02	0.07	0.27	0.02
Año*Estrés*Híbrido	0.76	0.70	0.96	0.19	0.19	0.73	0.05	0.48	0.33	0.58	0.00
<b>CV (%)</b>	<b>2.5</b>	<b>7.4</b>	<b>14.7</b>	<b>9.9</b>	<b>11.2</b>	<b>10.0</b>	<b>16.9</b>	<b>17.5</b>	<b>18.2</b>	<b>19.6</b>	<b>5.70</b>
<b>DMS/Rango</b>	<b>0.20</b>	<b>0.17</b>	<b>0.30</b>	<b>0.46</b>	<b>0.25</b>	<b>0.31</b>	<b>0.22</b>	<b>0.20</b>	<b>0.23</b>	<b>0.17</b>	<b>0.07</b>

FF= Floración femenina, ALPT = Altura de planta, ALMZ = Altura de mazorcas, PTM2 = Plantas por m<sup>2</sup>, MZM2 = Mazorcas por m<sup>2</sup>, MXP = Mazorcas por planta, PMZ = Peso de mazorcas, REND = Rendimiento de grano, CGR = Peso de 100 granos, BIOM = Biomasa a la cosecha, INDC = Índice de cosecha, CV = Coeficiente de Variación, DMS/R = Diferencia Mínima Significativa

En cuanto al rendimiento de grano a través de los años, se encontró que los años 2021 y 2022 fueron los de mejor rendimiento (5.51 y 5.00  $\text{tha}^{-1}$ ) que 2020 y 2023 (2.61 y 3.66  $\text{tha}^{-1}$ ). Esta misma relación se encontró para la Biomasa total al momento de la cosecha encontrándose los mayores valores en los años 2021 y 2022. Con relación al número de mazorcas cosechadas, el mayor número fue cosechado en los años 2020 y 2023 (5.22 y 5.33). En el número de mazorcas por planta el 2023 presentó el valor más alto, esto debido a la mayor incidencia de la presencia de la enfermedad (Achaparramiento) causada por el complejo de patógenos CSS (Corn Stunt Spiroplasm), MBS (Maize Bushy Stunt) y VRF (virus del Rayado Fino) y transmitida por la chicharrita *Dalbulus maydis* (Tabla 5).

Las condiciones ambientales, específicamente la temperatura, la radiación solar y la disponibilidad de agua, juegan un papel crucial en el crecimiento, desarrollo y productividad final de los cultivos. En sistemas de producción extensiva de maíz, la disponibilidad hídrica suele representar el



principal factor limitante, afectando de manera directa tanto el desarrollo vegetativo como el rendimiento del cultivo (Dickie & Coronel, 2018; Gordón–Mendoza, 2020; Morales-Ruiz & Díaz-López, 2021).

Se ha documentado que cultivos como el maíz y el trigo presentan reducciones marcadas en el rendimiento cuando las temperaturas durante la floración y el llenado de grano superan los 30 °C, especialmente en regiones tropicales donde estos eventos térmicos son más frecuentes (Lobell et al., 2011). Además, el déficit hídrico o poca disponibilidad de agua en el suelo limita el crecimiento vegetal al reducir la tasa fotosintética y, por ende, la acumulación de biomasa. La disminución en la cantidad o la distribución temporal de las precipitaciones incrementa la ocurrencia de sequías, consideradas entre los principales factores adversos para la producción agrícola a nivel mundial (FAO, 2019). Como cultivo C4, el maíz presenta una alta eficiencia fotosintética, estrechamente vinculada a la estructura y funcionalidad del parénquima. Sin embargo, esta productividad se ve comprometida bajo condiciones de restricción lumínica, a las que el cultivo es particularmente sensible.



Tabla 5

*Rendimiento de grano y otras variables agronómicas del ensayo, El Ejido, 2020-2023.*

Época del Estrés	Híbrido	REND tha <sup>-1</sup>	CGR G	BIOM tha <sup>-1</sup>	INDC	FF días	ALPT cm	ALMZ cm	PTM2	MZM2	MXP	PMZ g
Sin Estrés	30F35	5.06	28.1	10.63	0.55	56	169	85	6.04	6.05	1.00	86
	ADV-9293	5.41	30.1	12.00	0.46	57	161	87	5.80	6.04	1.05	91
E 28-49 dds	30F35	4.01	29.8	8.11	0.52	58	149	73	5.48	5.16	0.95	78
	ADV-9293	3.74	27.7	9.00	0.45	58	128	66	5.47	5.05	0.93	75
E 50-84 dds	30F35	1.95	17.7	6.28	0.37	57	162	76	6.04	4.65	0.77	40
	ADV-9293	2.76	24.6	7.83	0.41	58	158	80	5.17	4.25	0.82	68
E 85-105 dds	30F35	4.86	28.4	9.09	0.52	56	177	89	5.75	6.01	1.04	82
	ADV-9293	5.77	29.3	11.56	0.49	57	163	87	5.77	6.14	1.06	96
	<b>DMS</b>	0.48	4.7	1.26	0.05	1	8	7	0.57	0.54	0.12	14
	2020	2.61	26.5	7.02	0.31	54	155	68	5.79	4.94	0.85	52
	2021	5.51	32.6	15.46	0.40	57	158	91	5.49	5.22	0.95	105
	2022	5.00	36.8	10.01	0.48	62	146	78	5.49	5.33	0.97	95
	2023	3.66	11.8	4.75	0.69	56	174	83	5.98	6.19	1.03	57
	<b>DMS</b>	1.00	19.5	0.66	0.05	2	13	8	0.51	0.66	0.08	13
Sin Estrés		5.24	29.1	11.32	0.50	57	165	86	5.92	6.04	1.02	89
E 28-49 dds		3.88	28.7	8.55	0.48	58	139	69	5.48	5.11	0.94	76
E 50-84 dds		2.35	21.2	7.05	0.39	57	160	78	5.60	4.45	0.79	54
E 85-105 dds		5.32	28.8	10.32	0.50	56	170	88	5.76	6.07	1.05	89
<b>DMS</b>		0.49	2.8	0.66	0.03	1	10	5	0.37	0.36	0.07	11
	30F35	3.97	26.0	8.53	0.52	57	164	81	5.83	5.47	0.94	72
	ADV-9293	4.42	27.9	10.10	0.47	58	152	80	5.55	5.37	0.96	82
	<b>DMS</b>	0.76	0.5	1.57	0.03	1	11	5	0.67	0.69	0.02	17

REND = Rendimiento de grano, CGR = Peso de 100 granos, BIOM = Biomasa a la cosecha, INDC = Índice de cosecha FF= Floración femenina, ALPT = Altura de planta, ALMZ = Altura de mazorcas, PTM2 = Plantas por m<sup>2</sup>, MZM2 = Mazorcas por m<sup>2</sup>, MXP = Mazorcas por planta, PMZ = Peso de mazorcas. DMS = Diferencia Mínima Significativa, E = Estrés en la etapa, dds = días después de siembra

Reducciones significativas en la disponibilidad de radiación solar pueden provocar una disminución sustancial en el número de espigas por planta, lo cual compromete de manera directa el potencial de rendimiento del maíz, especialmente cuando esta limitación ocurre en etapas reproductivas críticas (Yang et al., 2022). El estrés por baja luminosidad reduce significativamente el rendimiento del maíz, principalmente al afectar el número de granos por hilera y el peso de 1000 granos, sin alterar el número de hileras por mazorca (Andayani et al., 2020).

En relación con la época que se sometió a estrés el cultivo, la etapa más afectada fue el estrés entre la floración masculina y la etapa R3 (50 a 84 dds) con un rendimiento de 2.35 tha<sup>-1</sup>, seguido por el estrés prefloración (28 a 49 dds) la cual presentó un rendimiento promedio de 3.88 tha<sup>-1</sup>. El primer rendimiento representa una reducción del 55 % y el segundo de 26 % con respecto a las parcelas que no tuvieron estrés en ningún momento del desarrollo (rendimiento de 5.24 tha<sup>-1</sup>). El rendimiento de grano en las parcelas con estrés al cultivo posterior de los 85 días hasta los 105 dds (5.32 tha<sup>-1</sup>) no difirió significativamente de las parcelas sin estrés (Figura 1). El índice de cosecha se presentó en el mismo orden que el rendimiento de grano, en donde los valores más bajos se obtuvieron en el estrés entre 50 a 84 dds (0.39), seguido por las parcelas sometidas a estrés entre

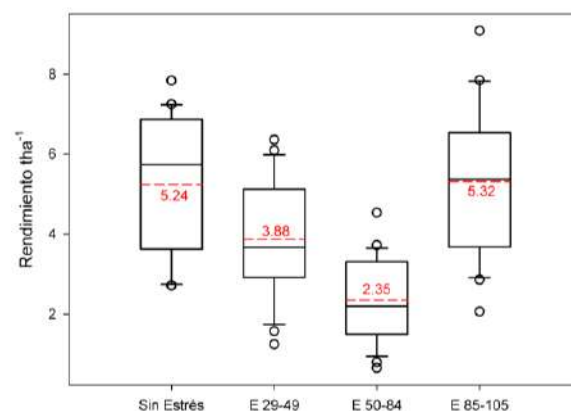


28 y 49 dds (0.48). El bajo rendimiento en la parcela con estrés en la floración se reflejó en el menor peso de los 100 granos (21.2 g), así como en el menor número de mazorcas por planta (0.79) y menor peso de biomasa total ( $7.05 \text{ tha}^{-1}$ ).

Esto concuerda con los resultados publicados Cheng et al. (2021), quienes indicaron que el estrés hídrico durante la etapa de llenado de grano es crítico para el rendimiento del maíz, ya que afecta la translocación de asimilados y la expansión del grano. En condiciones de déficit hídrico, se reduce la actividad fotosintética y se acentúa el cierre estomático, lo cual limita la producción de foto asimilados disponibles para el llenado de los granos (Farooq et al., 2009). Además, el déficit hídrico del maíz produce una gran variación en el proceso fotosintético debido a la reducción de los pigmentos fotosintéticos (clorofila a, clorofila b), la conductancia estomática, la actividad del fotosistema y las enzimas (Pokhrel, 2021). Estos efectos fisiológicos combinados resultan en una menor acumulación de materia seca en los granos, lo que compromete el rendimiento final y resalta la vulnerabilidad del cultivo durante esta etapa fenológica crítica.

### Figura 1

*Rendimiento de grano de maíz según época o período estresado sin riego, El Ejido, Panamá, 2020-2023.*



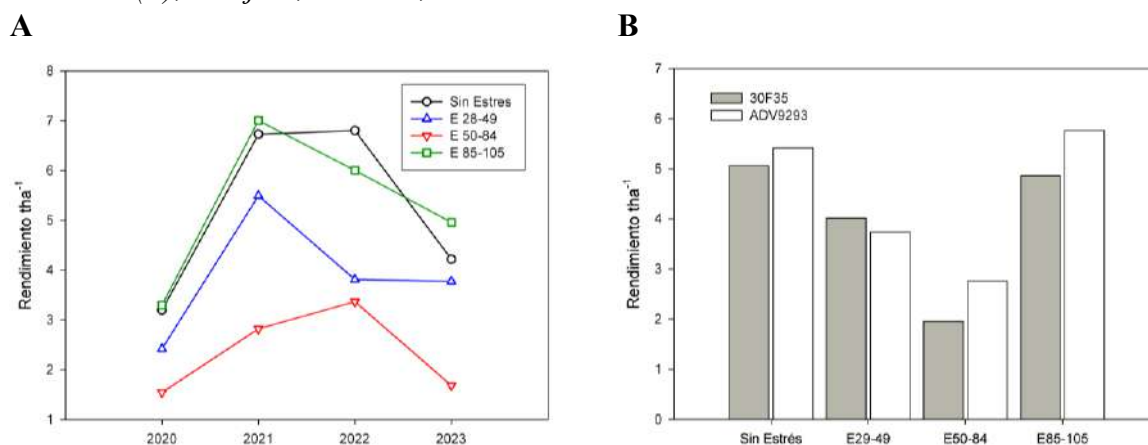
En relación con la interacción de la época del estrés por año se encontró en los años 2020 y 2022 el estrés en prefloración y después de la floración fueron muy similares, encontrándose poca diferencia entre ambos (menos de una tonelada por hectárea). Por el contrario, en los años 2021 y 2023 la diferencia entre ambos fue mayor de dos toneladas (Figura 2A). En ambos casos el menor rendimiento fue cuando el estrés fue después de la floración hasta los 85 dds. En la figura 2B se presenta la interacción de híbridos por época del estrés, se encontró que el híbrido 30F35 se vio más afectado con el estrés post floración que el ADV9293 ( $1.95$  vs  $2.76 \text{ tha}^{-1}$ ), por el contrario, el 30F35 es menos afectado que el ADV9293 cuando el estrés se realiza en prefloración ( $4.01$  vs  $3.74 \text{ tha}^{-1}$ ). Este resultado podría ser explicado por ser el ADV9293 más tardío que el 30F35. Resultados muy similares se encontró cuando se analizaron variables asociadas al rendimiento como lo son el peso de las mazorcas y el peso de 100 granos; en donde las parcelas con el estrés después de la floración (50-84 dds) presentó el menor peso de mazorcas (54 g) y el menor peso de los 100 gr (21.2 g). Este resultado indica que el cultivo de maíz posee cierta capacidad de recuperación o tolerancia en las fases finales de desarrollo, una observación que ha sido reportada en otras investigaciones realizadas en condiciones tropicales (Yasin et al., 2024). Además, Gupta et al.

(2024), señalaron que los genotipos tropicales de maíz difieren significativamente en su tolerancia al estrés hídrico, especialmente en la fase reproductiva.

Durante la fase de madurez fisiológica, las plantas de maíz experimentan una disminución progresiva en su actividad fisiológica. Esta reducción se manifiesta en una menor apertura estomática y una disminución en la absorción de agua y nutrientes, lo cual responde a una demanda metabólica decreciente en esta etapa. Como resultado, la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico se ve atenuada, ya que los requerimientos fisiológicos del grano en formación han sido mayormente satisfechos en fases previas (Fahad et al., 2017).

## Figura 2

*Rendimiento de grano según la interacción periodo de estrés por año (A) y periodo de estrés por híbrido (B), El Ejido, Panamá, 2020-2023.*



En relación con el total de mazorcas cosechadas, la relación fue similar a la del rendimiento, en donde los mayores números a la cosecha fueron las parcelas sin estrés y estrés tardío (84-105) le siguió las parcelas con estrés prefloración y el menor número cosechado en las parcelas con estrés a partir de la floración. Para la variable altura de planta a la floración el ADV9293 fue el híbrido que presentó menor tamaño de plantas con 139 cm de altura, por otra parte, el 30F35 tuvo una media de altura de 165 cm (Tabla 5). En cuanto al estrés hídrico, el estrés en prefloración (E-28-49) fue el que presentó menor altura de planta con 139 cm. Esta fue la altura más baja de manera significativa en comparación con los otros tratamientos (160, 165 y 170 cm). La biomasa final fue significativamente mayor en las parcelas sin estrés y estrés tardío (11.32 y 10.32  $\text{tha}^{-1}$ ) y la menor cantidad producida se dio en las parcelas con estrés a partir de la floración (7.05  $\text{tha}^{-1}$ ). En cuanto al índice de cosecha el mismo fue similar en todos los tratamientos, excepto en el estrés post floración el cual presentó un 39 % de relación grano con biomasa total (Tabla 5).

## Efecto del estrés hídrico sobre los componentes

En la tabla 6 se presentan las significancias de las fuentes de variación del análisis del contenido de materia seca (MS), altura de planta (ALT) al iniciar y finalizar cada periodo de estrés hídrico del tratamiento, mientras que para la tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa absoluta de crecimiento (TAC) se presentan las significancias de cada periodo de estrés de prefloración (PrF), post floración (PoF) y secado de grano (SG). Se encontró que hubo significancia estadística para



todas las variables para años, mientras que para la etapa del estrés y de su interacción por año se presentó en algunas de las variables medidas. Este resultado indica una fuerte influencia de las condiciones ambientales interanuales, como la variabilidad en precipitación y temperatura, sobre el desarrollo del cultivo, especialmente en los días 49 y 85 después de la siembra (dds). Estas condiciones climáticas determinan en gran medida el crecimiento del maíz, como lo documenta Campos et al. (2023), quienes destacan que la acumulación de biomasa y la eficiencia fisiológica del cultivo están estrechamente ligadas a la disponibilidad hídrica y térmica. Por otro lado, la variabilidad interanual en temperatura, precipitación y radiación solar influyen significativamente en la fisiología y el rendimiento de cultivos (Sinclair & Muchow, 2001; Lobell et al., 2011).

El estrés hídrico en etapas intermedias del desarrollo afecta la expansión celular, la elongación del tallo y la eficiencia en la captura de luz, lo que limita la producción de biomasa. Estas observaciones son coherentes con estudios recientes realizados en maíz bajo condiciones tropicales, los cuales indican que la reducción de la actividad estomática y fotosintética durante períodos de estrés hídrico afecta negativamente el crecimiento y la productividad del cultivo (Fahad et al., 2017; Yasin et al., 2024).

**Tabla 6**

*Significancia estadística para las variables materia seca, altura de planta y las Tasas de crecimiento para cada fuente de variación, El Ejido, Panamá, 2020-2023.*

Fuente de Variación	Materia Seca			Altura de Planta			TRC			TAC		
	28 dds	49 dds	85 dds	28 dds	49 dds	85 dds	PrF	PoF	SG	PrF	PoF	SG
Repetición	0.37	0.31	0.17	0.21	0.49	0.65	0.61	0.10	0.04	0.39	0.17	0.17
Año	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.20	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Estrés	0.58	0.03	<b>0.01</b>	0.99	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	0.12	0.29	<b>0.03</b>	<b>0.02</b>	0.06	0.06
Año*Estrés	<b>0.01</b>	0.15	0.48	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.46	0.61	0.59	0.21	0.50	0.50
Híbrido	0.21	0.48	0.27	<b>0.02</b>	0.20	0.06	0.21	0.85	0.11	0.43	0.52	0.52
Año*Híbrido	0.49	0.98	<b>0.03</b>	0.82	0.45	0.06	0.57	0.20	0.10	0.97	0.14	0.14
Estrés*Híbrido	0.64	0.84	0.18	0.56	0.11	0.15	0.81	0.38	0.23	0.84	0.25	0.25
Año*Estrés*Híbrido	0.74	0.14	0.72	0.93	0.20	0.33	0.01	0.30	0.51	0.11	0.45	0.45
CV (%)	25.1	31.9	38.3	8.0	7.9	9.5	17.7	51.3	81.0	37.8	60.6	60.6
DMS/Rango	0.19	0.13	0.21	0.32	0.26	0.18	0.10	0.14	0.16	0.13	0.18	0.15

PrF = Prefloración, PoF = Post Floración, SG = Secado de Grano, TRC = Tasa Relativa de Crecimiento, TAC = Tasa Absoluta de Crecimiento, dds = Días después de siembra, CV = Coeficiente de Variación, DMS = Diferencia Mínima Significativa

Con relación a las alturas en las tres fechas o edades del cultivo medidas, las que presentaron menor valor fue en el año 2020. Esta misma relación se observó en el peso de la Biomasa o materia seca al momento de hacer los muestreos en función de los años (Tabla 7). En cuanto a las tasas de crecimiento el comportamiento si fue variado a través de los años así se observa que, en prefloración el año 2022 presenta las menores tasas ( $0.07 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  y  $2.21 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$ ). No obstante, el estrés en post floración las menores TCR y TCA son observadas en los años 2020 y 2023. Ya para la etapa de llenado de grano en el 2021 fue la que presentó la menor tasa de crecimiento.

La altura de las plantas presentó una mayor expresión de crecimiento estructural bajo condiciones más favorables, asociado a una buena disponibilidad de agua durante la etapa vegetativa. Blum (2011) señala que el alargamiento celular es particularmente sensible al estrés hídrico, y que el crecimiento en altura puede mantenerse si el estrés ocurre en etapas posteriores. Los efectos presentados por la variable masa seca coincide con lo presentado por Sinclair & Muchow (2001), quienes destacaron que la biomasa total está estrechamente ligada a la disponibilidad de agua y a





la radiación interceptada eficientemente durante el ciclo del cultivo. Sáez-Cigarruista et al. (2024), también recalcan que el estrés hídrico afecta negativamente la acumulación de materia seca, en especial cuando se presenta durante las fases críticas del desarrollo.

**Tabla 7**

*Rendimiento de materia seca, altura de planta y Tasas de crecimiento para cada fuente de variación, El Ejido, Panamá, 2020-2023.*

Época del Estrés	Híbrido	Materia Seca (tha <sup>-1</sup> )			Altura de planta (cm)			TRC (g·g <sup>-1</sup> ·día <sup>-1</sup> )			TAC (g·día <sup>-1</sup> )		
		28	49	84	28	49	84	PrF	PoF	SG	PrF	PoF	SG
Sin Estrés	30F35	15.0	91.4	236.5	109	184	160	0.08	0.03	-0.02	3.6	4.1	-3.1
	ADV-9293	12.1	95.9	245.4	105	175	149	0.09	0.03	-0.01	4.0	4.3	-2.6
E 28-49 dds	30F35	12.7	68.9	197.5	108	194	212	0.08	0.03	-0.01	2.7	3.7	-2.4
	ADV-9293	12.8	76.7	178.0	107	195	203	0.08	0.02	0.00	3.0	2.9	-0.5
E 50-84 dds	30F35	14.5	88.8	157.9	132	202	159	0.08	0.02	-0.01	3.5	2.0	-1.9
	ADV-9293	13.3	87.0	224.2	129	188	134	0.09	0.02	-0.01	3.5	3.9	-1.9
E 85-105 dds	30F35	15.8	97.3	259.0	112	175	179	0.08	0.03	-0.03	3.9	4.6	-5.5
	ADV-9293	13.5	110.4	292.1	108	170	171	0.10	0.03	-0.02	4.6	5.2	-5.3
	<b>DMS</b>	4.1	29.1	58.8	7	15	9	0.02	0.01	0.01	1.5	2.1	2.1
	2020	10.6	67.9	148.6	107	180	155	0.09	0.02	-0.01	2.72	2.31	-1.51
	2021	13.4	132.3	319.2	108	194	208	0.11	0.03	-0.02	5.66	5.34	-4.74
	2022	14.8	61.2	250.2	130	195	146	0.07	0.04	-0.01	2.21	5.40	-2.87
	2023	16.0	96.9	177.4	110	173	175	0.09	0.02	-0.02	3.85	2.30	-2.44
	<b>DMS</b>	2.5	19.1	61.8	54	8	9	0.01	0.01	0.01	0.90	1.63	1.63
Sin Estrés		13.5	93.6	241.0	114	193	178	0.09	0.03	-0.01	3.8	4.2	-2.8
E 28-49 dds		12.8	72.8	187.8	113	162	148	0.08	0.03	-0.01	2.9	3.3	-1.5
E 50-84 dds		13.9	87.9	191.1	114	189	174	0.09	0.02	-0.01	3.5	2.9	-1.9
E 85-105 dds		14.7	103.8	275.6	114	197	183	0.09	0.03	-0.03	4.2	4.9	-5.4
<b>DMS</b>		3.2	17.8	46.8	7	17	13	0.01	0.01	0.01	0.8	1.5	1.5
	30F35	14.5	86.6	212.7	115	189	178	0.08	0.03	-0.02	3.4	3.6	-3.2
	ADV-9293	12.9	92.5	235.0	112	182	164	0.09	0.03	-0.01	3.8	4.1	-2.6
	<b>DMS</b>	3.6	29.2	62.8	2	16	15	0.02	0.01	0.01	1.6	2.6	2.6

E= Estrés en la etapa X, PrF = Prefloración, PoF = Post Floración, SG = Secado de Grano, TRC = Tasa de Crecimiento Relativo, TAC = Tasa de Crecimiento Absoluto, DMS = Diferencia Mínima Significativa, dds = días después de siembra

En cuanto a las tasas de crecimientos en las distintas etapas sometidas a estrés (a través de ambos híbridos), los valores más bajos corresponden a las parcelas que son sometidas a cualquier tipo de estrés hídrico. Así se observa que las menores tasas de crecimiento relativo (TRC) y tasa de crecimiento absoluto (TAC) se obtuvieron durante el período de estrés de 28 a 49 dds con valores de 0.08 g·g<sup>-1</sup>·día y 2.9 g·día<sup>-1</sup>, respectivamente. Situación similar se observa en el cálculo de estas tasas (TRC y TAC) en donde las menores tasas fueron de 0.02 g·g<sup>-1</sup>·día y 2.9 g·día<sup>-1</sup> se obtuvieron en las parcelas a las que fueron sometidas al estrés en post floración (E-50-84). El estrés hídrico después de los 84 días provocó la menor tasa de crecimiento en las parcelas sometidas a estrés en la etapa de secado del grano (E85-105) (Tabla 7). No se presentó diferencias estadísticas en las tasas de crecimiento (TRC y TAC) entre los dos híbridos evaluados en este experimento.

Los tratamientos sin deficiencia hídrica en el suelo favorecieron significativamente el incremento de las tasas relativas y absolutas de crecimiento. Estos resultados coinciden con lo reportado por Sáez-Cigarruista et al. (2024), quienes destacaron que la disponibilidad hídrica adecuada promueve una mayor actividad fotosintética y una eficiente translocación de asimilados hacia los órganos en desarrollo, lo que se traduce en un crecimiento más vigoroso del cultivo. Por el contrario, los tratamientos sometidos a estrés hídrico mostraron reducciones notables en dichas



tasas, lo cual se atribuye a la disminución de la fotosíntesis y a las restricciones en el transporte y absorción de agua esenciales para los procesos fisiológicos de la planta.

Además, Sharifi (2017) indica que la TRC tiende a decrecer con el avance del ciclo fenológico de la planta, debido a que los tejidos que se incorporan progresivamente son de naturaleza estructural, presentan baja actividad metabólica y carecen de función fotosintética directa. Además, el aumento de la biomasa genera auto competencia por la luz, lo que induce una mayor cobertura foliar (sombreamiento foliar) y reducción de la capacidad fotosintética neta. Aunque la acumulación de materia seca total continúa con el tiempo, este incremento está asociado principalmente al desarrollo de tejidos de sostén, lo que disminuye la proporción de tejido activo en crecimiento y, en consecuencia, reduce la TRC.

La etapa de floración y llenado de grano fue la más afectada, debido a que es la etapa donde el cultivo tiene la mayor tasa de absorción de agua (Sah et al., 2020). Además, coincidió con el aumento de las variables climáticas como la suma de las temperaturas máximas y promedio, menor humedad relativa promedio diaria y mayor suma del déficit de presión de vapor lo que se relaciona a un mayor estrés ambiental.

## CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación indican que no todas las fases del cultivo de maíz se ven afectadas de la misma manera por el déficit hídrico. Siendo la fase de floración y llenado del grano (50 a 84 dds) la más afectada, mientras que el estrés en la prefloración tiene un menor impacto en el rendimiento de grano.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Andayani, N. N., Riadi, M., Rafiuddin, Kalqutny, S. H., Efendi, R., & Azrai, M. (2020). Evaluation of yield and agronomic components of three-way cross maize hybrids under low-light environment. IOP conference series. Earth and Environmental Science, 484(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/484/1/012016>
- Blum, A. (2011). Plant breeding for water-limited environments. (Vol. XIV), Springer, New York, 258 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4>
- Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89, 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>



- Cheng, M., Wang, H., Fan, J., Zhang, S., Liao, Z., Zhang, F., & Wang, Y. (2021). A global meta-analysis of yield and water use efficiency of crops, vegetables and fruits under full, deficit and alternate partial root-zone irrigation. *Agricultural Water Management*, 248 (106771). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106771>
- Di Benedetto, A., & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(3), 258-282. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86449712008.pdf>
- Dickie, M., & Coronel, A., (2018). Relación estadística entre los rendimientos de maíz y la ocurrencia de deficiencias hídricas en el Departamento de Rosario. *Ciencias Agronómicas*, 31, 17–24. <https://rephip.unr.edu.ar/items/f44c688c-1903-46e2-990f-40316cc0e971>
- FAO. (2019). The state of the world's biodiversity for food and agriculture. J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. 572 pp.(<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>)
- Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., Anjum, S. A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S., Saud, S., Ihsan, M. Z., Alharby, H., Wu, C., Wang, D., & Huang, J. (2017). Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*, 8(1147). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 185–212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
- Gordón-Mendoza, R. (2020). Variabilidad climática y su efecto sobre la producción de maíz. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. 40 p <http://www.idiap.gob.pa/download/variabilidad-climatica-y-su-efecto-sobre-la-produccion-de-maiz/>
- Lobell, D.B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333(6042), 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- McWilliams, D.A., Berglund, D.R., & Endres, G.J. (1999) Corn growth and management Quick Guide. North Dakota Cooperative Extension Service, Fargo, 1-8. A1173 <https://www.ndsu.edu/agriculture/sites/default/files/2022-09/a1173.pdf>
- Morales-Ruiz, A., & Díaz-López, E. (2021). Influencia de la temperatura, precipitación y radiación solar en el rendimiento de maíz en El Valle de Toluca, México. *Agrociencia*, 54(3), 377–385. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i3.1933>
- Pokhrel, S. (2021). Effects of drought stress on the physiology and yield of the maize: A review. *Food and Agri Economics Review*, 1(1), 36–40. <https://doi.org/10.26480/faer.01.2021.36.40>



- Sáez-Cigarruista, A., Morales-Guevara, D., Gordón-Mendoza, R., Jaén-Villarreal, J., & Ramos-Manzané, F. (2024). Sensibilidad del cultivo de maíz (*Zea mays*) a diferentes períodos de déficit hídrico controlado. *Agronomía Mesoamericana*, 35(55660). <https://doi.org/10.15517/am.2024.55660>
- Sah, R. P., Chakraborty, M. Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V. K., Chakravarty, M. K., Narayan S. C., Rana, M., & Moharana, D. (2020). Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. *Scientific Reports*, 10(2944). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7>.
- Serrato-Gutiérrez, M. G. (2023). Mitigación del estrés por déficit hídrico en maíz forrajero mediante el uso de PGPB. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85381>
- Sharifi, P. (2017). Estudio de los índices de crecimiento del maíz en diferentes condiciones de estrés hídrico y el uso de ácidos húmicos. *Revista Biomédica y Farmacológica*, 10 (01), 303–310. <https://doi.org/10.13005/bpj/1110>
- Sifuentes-Ibarra, E., Ojeda-Bustamante, W., Macías-Cervantes, J., Mendoza-Pérez, C., & Preciado-Rangel, P. (2021). Déficit hídrico en maíz al considerar fenología, efecto en rendimiento y eficiencia en el uso del agua. *Agrociencia*, 55(3), 209–226. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/2414>
- Yang, Y., Liu, G., Guo, X., Liu, W., Xue, J., Ming, B., Xie, R., Wang, K., Li, S., & Hou, P. (2022). Effect mechanism of solar radiation on maize yield formation. *Agriculture*, 12(12), 2170. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122170>
- Yasin, S., Zavala-García, F., Niño-Medina, G., Rodríguez-Salinas, P.A., Gutiérrez-Diez, A., Sinagawa-García, S.R., & Lugo-Cruz, E. (2024). Morphological and physiological response of maize (*Zea mays* L.) to drought stress during reproductive stage. *Agronomy*, 14(8), 1718. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081718>



## Determinantes socioeconómicos de la producción bovina en agricultura familiar de Río Congo, Darién

### Socioeconomic determinants of bovine production in family farming in Rio Congo, Darien

Roger Guevara. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[roger.guevara@up.ac.pa](mailto:roger.guevara@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0009-5623-1258>

Andrés Chang. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[andres.chang@up.ac.pa](mailto:andres.chang@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-4776-6794>

\*Edwin Pile. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[edwin.pilem@up.ac.pa](mailto:edwin.pilem@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>

\*Autor de Correspondencia: [edwin.pilem@up.ac.pa](mailto:edwin.pilem@up.ac.pa)

Recibido: 03/06/2025

Aceptado: 12/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8818>

**RESUMEN.** Este estudio tuvo como objetivo identificar los determinantes socioeconómicos y de gestión de la producción bovina en unidades familiares de Río Congo, Darién. Se realizó un estudio cuantitativo transversal con 36 productores, utilizando un cuestionario semiestructurado y análisis estadístico descriptivo y de componentes principales (ACP). Los resultados muestran que un sistema productivo está limitado por factores estructurales. El tamaño de la finca está fuertemente correlacionado con el número de animales ( $r = 0.72$ ,  $p < 0.05$ ), pero el acceso a la tierra es desigual: solo el 35.71 % de las mujeres son propietarias, frente al 63.63 % de los hombres. La mayoría de los productores, especialmente las mujeres (92.85 %), informaron que sus ingresos no alcanzan para mantener a sus familias. Además, se identificaron brechas críticas en la gestión, con un 80 % de los productores sin objetivos definidos y un bajo uso de registros (11.11 %), siendo el acceso a insumos y los altos costos los principales problemas percibidos (86.11 %). Se concluye que la ganadería familiar en la región enfrenta una doble vulnerabilidad: una externa, derivada de la dependencia de insumos, y otra interna, debido a prácticas de gestión deficientes. Estos hallazgos resaltan la necesidad de políticas diferenciadas que no solo mejoren la capacitación en gestión, sino que también incorporen un enfoque de género explícito para abordar las barreras estructurales al acceso a recursos.

**PALABRAS CLAVE:** desarrollo rural, desigualdad de género, ganadería familiar, gestión agrícola, tenencia de la tierra.

**ABSTRACT.** This study aimed to identify the socioeconomic and management determinants of cattle production in family farming units in Rio Congo, Darien. A quantitative cross-sectional study was conducted with 36 producers, using a semi-structured questionnaire, descriptive statistical analysis, and principal component analysis (PCA). The results show that structural factors limit the production system. Farm size is strongly correlated with the number of animals ( $r = 0.72$ ,  $p < 0.05$ ), but land access is unequal: only 35.71 % of women are landowners, compared to 63.63 % of men. Most producers, especially women (92.85 %), reported that their income is insufficient to support their families. Furthermore, critical management gaps were identified, with 80% of producers lacking defined objectives and a low use of records (11.11 %), with access to inputs and high costs being the main perceived problems (86.11 %). It is concluded that family farming in the region faces a dual vulnerability: an external one, due to dependency on inputs, and an internal one, from deficient management practices. These findings underscore the need for policies that not only enhance management training but also incorporate an explicit gender perspective to address structural barriers to accessing resources.

**KEYWORDS:** family farming, farm management, gender inequality, land tenure, rural development.



## INTRODUCCIÓN

La ganadería familiar desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de las comunidades rurales, al proporcionar alimentos, ingresos y empleo, especialmente en sistemas de pequeña escala (FAO, 2024). Sin embargo, este sector enfrenta desafíos significativos como el cambio climático, la degradación del suelo y la necesidad de intensificar la producción de manera sostenible (MiAmbiente, 2021).

En Panamá, la producción ganadera constituye una actividad económica esencial, en la que la agricultura familiar desempeña un papel fundamental. Esta se caracteriza por garantizar la seguridad alimentaria y el acceso a productos como carne y leche mediante un sustento sostenible (Sánchez-Galán et al., 2022). No obstante, la expansión de la ganadería extensiva, particularmente en la provincia de Darién, ha generado preocupación por su impacto en la biodiversidad, incluida la deforestación, la pérdida de hábitat y la fragmentación de ecosistemas (Arcia, 2017).

Este estudio se centra en Río Congo, una comunidad en Darién donde la agricultura familiar y la ganadería son actividades económicas importantes (Sánchez-Galán et al., 2022). La producción ganadera en esta área enfrenta desafíos como el acceso limitado a recursos forrajeros, la escasez de tierra para la expansión de la actividad y la necesidad de mejorar las prácticas de manejo (Delgado-Gallardo, 2005; Chang & Pile, 2020).

Para mejorar la productividad y la sostenibilidad de la ganadería familiar, es crucial identificar los factores que la determinan. En este sentido, un estudio previo en la provincia de Darién (Chang & Pile, 2020) documentó cómo las características del productor, las prácticas de manejo y los factores ambientales inciden en esta actividad productiva. No obstante, dicho estudio no incluyó la comunidad de Río Congo, por lo que existe una laguna de conocimiento sobre la situación específica de la producción ganadera en esta zona.

Para abordar esta brecha de conocimiento, esta investigación se centra en identificar los determinantes socioeconómicos de la producción bovina en unidades familiares de Río Congo, así como en analizar las prácticas de manejo de los productores y su relación con la productividad. Adicionalmente, se busca determinar cómo la producción ganadera contribuye a la seguridad alimentaria y a los ingresos familiares, con la esperanza de que los resultados aporten al diseño de políticas y programas para el desarrollo sostenible de esta actividad en la región.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Área de Estudio

El estudio se realizó en Río Congo, una comunidad ubicada en Darién, Panamá, aproximadamente a 8° 45' N y 77° 30' O. Esta región se caracteriza por un clima tropical húmedo con precipitaciones promedio anuales de 2.500 mm y temperaturas que oscilan entre 24 °C y 32 °C (MiAmbiente, 2021). La ganadería familiar constituye una actividad económica fundamental para la mayoría de los habitantes.



## Diseño del Estudio

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo transversal entre marzo y diciembre de 2022, en el que se seleccionaron todos los productores de ganado bovino familiar registrados en la comunidad (N = 36), lo que constituye la totalidad de la población objetivo.

## Unidad Experimental y Tamaño de Muestra

El estudio se realizó con un enfoque censal, que incluyó todas las unidades de producción ganadera familiar de Río Congo. Cada unidad se definió como una explotación agropecuaria en la que la gestión, el trabajo y la toma de decisiones son predominantemente familiares.

## Características del Ganado

El ganado estudiado estuvo compuesto principalmente por animales mestizos resultantes del cruce entre *Bos taurus* y *Bos indicus*. El manejo se realizó principalmente en sistemas extensivos de pastoreo, con suplementación mineral durante la temporada seca.

## Recolección de Datos

El instrumento de recolección de datos fue un cuestionario semiestructurado, cuyas variables se agruparon en las tres dimensiones analíticas descritas en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Dimensiones y variables analizadas en el cuestionario.*

Información Sociodemográfica	Características de la Producción	Prácticas de manejo
Sexo del productor	Número de animales	Planificación de la producción
Edad	Presencia de otras especies	Acceso a asistencia técnica
Nivel educativo	Número de empleados	Manejo sanitario
Estado laboral	Canales de comercialización	Manejo reproductivo
Ingreso mensual	Uso de registros	Sistemas de alimentación
Composición familiar		
Ingreso familiar total		

## Validación del Instrumento

Se realizó una prueba piloto con 10 productores para evaluar la claridad y la relevancia de las preguntas. Se aclararon los términos ambiguos y se mejoró la redacción en función de las observaciones recibidas. Posteriormente, se aplicaron las encuestas presenciales, obteniendo el consentimiento informado de todos los participantes.

## Análisis de Datos

El procesamiento y el análisis estadístico se realizaron utilizando el entorno de computación estadística R (versión 4.2.1, 2022). La metodología analítica comprendió dos enfoques complementarios:



Primero, se realizaron análisis descriptivos para caracterizar la muestra. Para las variables continuas se calcularon medidas de tendencia central y de dispersión, mientras que para las variables categóricas se estimaron frecuencias absolutas y relativas (porcentajes).

Posteriormente, se implementaron métodos de análisis inferencial que incluyeron un análisis de componentes principales (ACP) con rotación varimax, que permitió identificar patrones y reducir la dimensionalidad de los datos, y el cálculo de correlaciones de Pearson para examinar las relaciones entre variables, considerando un nivel de significancia  $p < 0.05$ .

Las variables incluidas en estos análisis multivariados fueron: tamaño familiar (número de miembros), extensión territorial (hectáreas), escala productiva (número de animales), perfil demográfico del productor (edad) y estructura laboral (número de empleados).

## RESULTADOS

### Características sociodemográficas de los participantes

El perfil sociodemográfico de los productores se caracteriza por una mayoría masculina, con un 61.1 %. Se evidencian desigualdades significativas en la tenencia de la tierra: mientras que el 63.63 % de los hombres son propietarios, solo el 35.71 % de las mujeres lo son. Como contraparte, se destaca que el 64.29 % de las productoras no posee la tierra que trabaja, lo que evidencia las barreras de género en el acceso a este recurso clave.

Un hallazgo preocupante es la insuficiencia de los ingresos (Tabla 2). Una alta proporción de los productores, tanto hombres (72.72 %) como mujeres (92.85 %), indicó que sus ingresos totales no son suficientes para mantener a sus familias. Esta situación parece impulsar la búsqueda de empleo adicional (27.27 % de los hombres y 7.14 % de las mujeres), lo que sugiere que la agricultura familiar, por sí sola, puede no garantizar los medios de vida en Río Congo, con implicaciones para la dedicación e inversión en la actividad ganadera.

**Tabla 2**

*Características sociodemográficas de los productores de ganado bovino en Río Congo, Darién (Marzo - Diciembre 2022).*

Variable	Hombres (n = 22)	Mujeres (n = 14)
Edad (promedio $\pm$ IC95 %)	44.20 $\pm$ (37.79 - 50.65)	44.70 $\pm$ (39.37 - 50.05)
Propietarios (%) <sup>a</sup>	14 (63.63 %)	5 (35.71 %)
No propietarios (%) <sup>a</sup>	8 (36.37%)	9 (64.29%)
Miembros familiares (promedio)	3.36	3.78
Hijos que asisten a la escuela (%) <sup>a</sup>	17 (89.47 %)	12 (92.30 %)
Otro empleo además de agricultura (%) <sup>a</sup>	6 (27.27 %)	1 (7.14 %)
Ingreso insuficiente (%)	16 (72.72 %)	13 (92.85 %)

<sup>a</sup> Los valores se presentan como frecuencia absoluta (porcentaje).



### Correlación entre el tamaño de la finca y el número de animales en producción

El análisis de las variables de producción reveló una fuerte y significativa correlación positiva entre el tamaño de la finca (en hectáreas) y el número de animales en producción ( $r = 0.72$ ). Asimismo, se observó una correlación positiva moderada entre el tamaño de la finca y el número de empleados ( $r = 0.33$ ).

Por otro lado, se encontraron correlaciones débiles, aunque estadísticamente significativas, entre el número de miembros familiares y la cantidad de animales en producción ( $r = -0.25$ ), así como entre el número de miembros familiares y la edad del productor ( $r = -0.13$ ). Los resultados detallados de la matriz de correlación se presentan en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Matriz de correlación entre variables de la producción ganadera en Río Congo, Darién (Marzo - Diciembre 2022).*

Variables	Nº Miembros Familiares	Nº Hectáreas	Nº Animales en Producción	Edad	Nº Empleados
Nº miembros familiares	1	-0.09	-0.25	-0.13	0.09
Nº hectáreas	-0.09	1	0.72*	0.16	0.33*
Nº animales en producción	-0.25	0.72*	1	0.14	0.02
Edad	-0.13	0.16	0.14	1	0.07
Nº empleados	0.09	0.33*	0.02	0.07	1

\* La correlación es significativa al nivel de  $p < 0.05$ .

### Acceso a insumos y costo de producción como principales problemas

Al consultar sobre los desafíos en la producción, el acceso a insumos y el alto costo de producción, se identificaron como los principales problemas por una abrumadora mayoría de los productores (86.11 %).

En relación con la adquisición de estos insumos, la principal fuente de abastecimiento es la casa comercial Melo y Cía. (83.33 %). Adicionalmente, se reporta un acceso muy limitado a la asistencia técnica, con solo cuatro productores que indican haberla recibido, principalmente a través del MIDA (75.00 % de quienes la recibieron). Los detalles se presentan en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Fuentes de insumos, acceso a asistencia técnica y problemas percibidos en la producción ganadera en Río Congo, Darién (Marzo - Diciembre 2022).*

Variable	Frecuencia	Porcentaje (%)
Fuente de insumos		
-Melo y Cia.	30	83.33
-El Bramador	4	11.11
-Ambos	2	5.55
Acceso a asistencia técnica		
-MIDA	3	75.00
-Ingeniero zootecnista	1	25.00
Problemas percibidos		



-Acceso a insumos y costos de producción	31	86.11
-Financiamiento e insumos precios	4	11.11
-Bajos precios venta ganado	1	2.77

### Falta de objetivos y metas en la gestión de la producción

En el ámbito de la gestión, se observó una brecha en la planificación estratégica. La mayoría de los productores (80 %) no establecen objetivos ni metas para su actividad productiva. Al analizar esta práctica en función del tamaño de la finca, se encontró que la definición de metas y la planificación de gastos solo fueron reportadas por productores del estrato de tamaño medio (28-51 hectáreas). Los detalles se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Relación entre el número de hectáreas y las características de gestión de la producción en Río Congo, Darién (Marzo - Diciembre 2022).*

Nº Hectáreas	Definen objetivos (%)	Define Metas (%)	Planificación gastos (%)	Asistencia técnica (%)
Bajas (14-27)	24 (66.66)	0	0	12.5
Medias (28-51)	10 (27.77)	20	20	0
Altas (> 52)	2 (5.55)	0	0	0

### Producción bovina en unidades familiares de Río Congo

Las características de la producción bovina indican que el sistema principal es la cría (80.55 %), seguido por los sistemas mixtos (13.88 %) y de engorde (5.55 %). El canal de comercialización predominante es la subasta ganadera (8.88 %).

En cuanto a las prácticas de manejo, se reporta un bajo uso de registros productivos, con un 11.11 %. La mano de obra es casi en su totalidad familiar (94.44 %) y una alta proporción de las fincas (86.11 %) diversifica su producción con otras especies animales. El número promedio de animales varía según el sistema productivo, como se detalla en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Características de la producción bovina en unidades familiares en Río Congo, Darién (Marzo - Diciembre 2022).*

Variable	Frecuencia	Porcentaje (%)
Producto Obtenido		
- Cría	29	80.55
- Mixto	5	13.88
- Engorde	2	5.55
Canales de Venta		
- Subastas ganaderas	32	88.88
- Intermediarios	4	11.11
Uso de Registros		
- No	32	88.88
- Sí	4	11.11



Presencia de otras especies		
- Sí	31	86.11
- No	5	13.88
Número de empleados		
- 0 (solo familia)	34	94.44
- 1	1	2.78
- 2	1	2.78
Número de animales producidos en la unidad	Promedio	Intervalo de confianza (95 %)
- Cría	45.9	38.11 – 53.74
- Mixto	46	19.09 - 78.90
- Engorde	30	N/A <sup>b</sup>

<sup>b</sup> No aplica (N/A) debido a que solo se reportaron dos casos con idéntico valor, lo que resultó en una varianza de cero.

### Análisis de Componentes Principales (ACP) de variables relacionadas con la producción ganadera y la gestión de la actividad

Para sintetizar la estructura de la producción, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Se extrajeron dos componentes que, en conjunto, explican el 78 % de la varianza total de los datos.

El primer componente (PC1), denominado "Escala de Producción", explicó el 54 % de la varianza. Las variables con mayor carga positiva en este componente fueron el número de hectáreas (0.6491) y el número de animales en producción (0.6244). El segundo componente (PC2), denominado "Intensidad Laboral", explicó el 24 % de la varianza restante, con las cargas más altas correspondientes al número de empleados (0.6910) y al número de miembros de la familia (0.6503). La matriz de componentes se detalla en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Matriz de Componentes Principales para las variables de producción y gestión en Río Congo, Darién (Marzo - Diciembre 2022).*

Variables	Componente Principal 1 (PC1)	Componente Principal 2 (PC2)
Número de miembros familiares	-0.2491	0.6503
Número de hectáreas	0.6491	0.2102
Número de animales en producción	0.6244	-0.1531
Edad	0.2601	-0.1790
Número de empleados	0.2428	0.6910

## DISCUSIÓN

Este estudio identificó los determinantes socioeconómicos y de gestión que caracterizan la producción bovina en la agricultura familiar de Río Congo, Darién. Los resultados revelan un sistema productivo con importantes desafíos estructurales, como la desigualdad de género en el acceso a la tierra, la insuficiencia de ingresos, la dependencia de la escala productiva y brechas significativas en la gestión.



## Desigualdad de género y vulnerabilidad económica

Un hallazgo central de este estudio es la marcada desigualdad en la tenencia de la tierra, ya que la mayoría de las mujeres productoras (64.29 %) no son propietarias de la finca en la que trabajan. Este patrón es una barrera persistente para el empoderamiento y la productividad agrícola, como lo demuestra la evidencia a nivel global de que, pese a los marcos legales, las mujeres siguen rezagadas en la propiedad y en el acceso seguro a la tierra en la práctica (Slavchevska et al., 2025). La falta de propiedad no solo limita su capacidad para tomar decisiones estratégicas, sino también su acceso a crédito y a programas de apoyo gubernamental, perpetuando un ciclo de vulnerabilidad. Estudios en Latinoamérica, como el de Schling & Pazos (2024) en Perú, sugieren que incluso la propiedad informal de la tierra puede mejorar significativamente el bienestar del hogar y la seguridad alimentaria, lo que resalta la importancia de abordar esta brecha.

Además, la percepción generalizada de que los ingresos de la finca no son suficientes para el sustento familiar (reportada por más del 70 % de los encuestados) subraya la precaria situación económica de la agricultura familiar en la región. Este fenómeno obliga a los productores a diversificar sus fuentes de ingresos, una estrategia de resiliencia común en sistemas de agricultura familiar que enfrentan incertidumbre económica y productiva, como describen Pereira et al. (2024) en su análisis de los sistemas productivos en el semiárido brasileño.

## La Tierra como Principal Factor de Escala Productiva

La fuerte correlación positiva ( $r = 0.72$ ) entre el número de hectáreas y el número de animales confirma que la ganadería en Río Congo opera bajo un modelo predominantemente extensivo, en el que la tierra es el principal factor limitante de la escala productiva. Este hallazgo es consistente con la caracterización de los sistemas de doble propósito en el trópico húmedo de Panamá realizada por Manrique et al. (2019), quienes identifican la disponibilidad de superficie como un determinante clave de la estructura y el tamaño de las fincas ganaderas en el país. En este contexto, la seguridad en la tenencia se vuelve fundamental, ya que, como señalan Huntington & Lisher (2025), las reformas que mejoran la seguridad de la tenencia estimulan la inversión, aunque rara vez son suficientes por sí solas para impulsar resultados transformadores.

## Barreras Operativas: Costos de Insumos y Brechas de Gestión

La identificación del costo y el acceso a insumos, como el principal problema (86.11 %), refleja una vulnerabilidad económica y estructural significativa. Esta dependencia de factores externos es una característica común en fincas familiares, que a menudo operan con márgenes de rentabilidad estrechos, como lo demuestra la tipología de fincas vulnerables desarrollada por Tonet et al. (2023).

Esta debilidad externa se ve agravada por las brechas internas en la gestión. La casi total ausencia de registros productivos (88.88 %) y de una planificación basada en metas (80 %) impide tomar decisiones informadas y optimizar los recursos. Zabala et al. (2025) desarrollaron un marco conceptual que destaca cómo las características de la finca, el entorno social y los factores individuales del productor influyen en la adopción de prácticas sostenibles. La falta de planificación y de registros en nuestra área de estudio constituye una barrera importante en los





"factores individuales y subjetivos" que, según estos autores, son fundamentales para la innovación y la mejora de la gestión.

### **Limitaciones del Estudio y Futuras Investigaciones**

Se debe reconocer que este estudio tiene un diseño transversal, por lo que no refleja la dinámica de la producción a lo largo del tiempo. Además, la muestra, aunque representativa de Río Congo, no permite generalizar los hallazgos a toda la provincia de Darién.

Las futuras investigaciones deberían emplear un enfoque longitudinal para comprender la evolución de estas unidades familiares. Sería de gran valor realizar un análisis económico detallado para cuantificar el impacto de la falta de registros en la rentabilidad, así como estudios cualitativos que profundicen en las barreras socioculturales que limitan el acceso de las mujeres a la propiedad de la tierra, un área de estudio que, como destaca Calasanti (2025), requiere un enfoque interseccional para comprender plenamente cómo el tipo de propiedad y las características de las mujeres (rurales, indígenas, etc.) influyen en su empoderamiento.

## **CONCLUSIONES**

Este estudio concluye que el tamaño de la finca es el factor determinante en la escala de la producción ganadera familiar en Río Congo, lo cual, a su vez, revela profundas brechas estructurales. Las principales barreras para el desarrollo sostenible de la actividad son la gestión productiva deficiente, evidenciada por la falta de registros y de planificación, y la marcada dependencia de insumos externos de alto costo.

Un hallazgo de particular relevancia es la desigualdad en la tenencia de la tierra, ya que se constató que una proporción reducida de mujeres es propietaria. A pesar de este acceso limitado a la propiedad, su papel en la producción es activo y fundamental. Por tanto, es imperativo que las políticas de desarrollo no solo faciliten el acceso a los recursos, sino que también incorporen un enfoque de género explícito para fortalecer el papel de las mujeres en la ganadería familiar de la región.

Finalmente, la diversificación con otras especies animales se confirma como una estrategia de resiliencia clave. Se recomienda realizar investigaciones futuras para evaluar la eficiencia y la rentabilidad de estos sistemas productivos integrados.

## **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.



## REFERENCIAS

- Arcia, J. (2017). Panamá: la ganadería amenaza al Parque Nacional Darién. *Mongabay*. <https://es.mongabay.com/2017/05/panama-darien-ganaderia/>
- Calasanti, K. (2025). Intersectionality and property rights: A comparative analysis of indigenous and rural women's land ownership. *World Development*, 185, 107114. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.107114>
- Chang, A., & Pile, E. (2020). La producción lechera y su relación con el uso de prácticas administrativas en fincas de ganado vacuno localizadas en Tortí y otras regiones de la provincia de Darién, Panamá. *Revista Científica Guacamaya*, 5(1), 25–35. <https://doi.org/10.48204/j.guacamaya.v5n1a3>
- Delgado-Gallardo, J. L. (2005). Contribución de elementos culturales de los Congos: descendientes de los negros afrocoloniales de Panamá [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. SIBIUP. [https://up-rid.up.ac.pa/2956/3/jose\\_delgado.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/2956/3/jose_delgado.pdf)
- FAO. (2024). Financiamiento del sector agropecuario en Panamá – Un análisis de la demanda y la oferta de estos servicios enfocados en la agricultura familiar. <https://doi.org/10.4060/cc9239es>
- Huntington, H., & Lisher, J. (2025). Reviewing the evidence on land tenure and governance: An overview of the impact evaluation literature and lessons learned. *Land Use Policy*, 159, 107774. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107774>
- Manrique, C., Brizuela, G., Angulo, J., & D'Aubeterre, R. (2019). Caracterización socioeconómica y productiva de sistemas ganaderos doble propósito en el trópico húmedo de Panamá. *Investigaciones Agropecuarias*, 1(2), 96–108. Recuperado a partir de [https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias/article/view/2931](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2931)
- MiAmbiente. (2021). Darién Sostenible, una alternativa a la producción ganadera respetuosa con la biodiversidad. Ministerio de Ambiente de Panamá. <https://miambiente.gob.pa/darien-sostenible-una-alternativa-a-la-produccion-ganadera-respetuosa-con-la-biodiversidad/>
- Pereira, L. C., de Albuquerque, A. W., & de Andrade, M. W. (2024). Farm diversification as a key strategy for the resilience of family farming in the Brazilian semi-arid region. *Agricultural Systems*, 213, 103810. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103810>
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Sánchez-Galán, E. A., Espinosa, M. I., Castillo, G. A., Ábrego, E. A., Quintero, M. D., Díaz, Y. M., Espinosa, H., & Villarreal, V. V. (2022). Caracterización socioeconómica y productiva de explotaciones bovinas de doble propósito de productores asociados en cooperativa, en las localidades de Tortí, Río Congo Arriba y Agua Fría. *Revista Investigaciones*



*Agropecuarias*, 4(2), 96–108.  
[https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias/article/view/2931](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2931)

Schling, M., & Pazos, N. (2024). Effective land ownership, female empowerment, and food security: Evidence from Peru. *World Development*, 181, 106680.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106680>

Slavchevska, V., Veldman, M., Park, C. M. Y., Boero, V., Gurbuzer, L. Y., & Giaquinto, A. M. (2025). From law to practice: A cross-country assessment of gender inequalities in rights to land. *Global Food Security*, 45, 100852.

Tonet, R. M., Bánkuti, F. I., Damasceno, J. C., Silva Siqueira, T. T. da, Bouroullec, M. D. M., & Loddi, M. M. (2023). Typology of Brazilian dairy farms based on vulnerability characteristics. *Animal - Open Space*, 2, 100040.  
<https://doi.org/10.1016/j.anopes.2023.100040>

Zabala, A., Pascual, U., García-Barrios, L. E., & Mukherjee, N. (2025). Drivers to adopt agroforestry and sustainable land-use innovations: A review and framework for policy. *Land Use Policy*, 151, 107468. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107468>



## Influencia de las condiciones climáticas durante la estación lluviosa Sobre el desarrollo morfológico y productivo de cinco cultivares de Cebolla

### Influence of climatic conditions during the rainy season on the Morphological and productive development of five onion cultivars

\*Waldo Espinosa. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[waldo.espinosa@up.ac.pa](mailto:waldo.espinosa@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0007-4156-9630>

Angela Howard. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[angela.howard-v@up.ac.pa](mailto:angela.howard-v@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0004-0722-6480>

Javier Carneiro. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[javier.carneiro@up.ac.pa](mailto:javier.carneiro@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-0813-8456>

Reynaldo Vargas. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[reynaldo.vargas@up.ac.pa](mailto:reynaldo.vargas@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-5420-9761>

\*Autor de Correspondencia: [waldo.espinosa@up.ac.pa](mailto:waldo.espinosa@up.ac.pa)

Recibido: 15/02/2024

Aceptado: 13/11/2024

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8800>

**RESUMEN.** El cultivo de cebolla es una de las hortalizas de mayor consumo por la población y con mayor superficie de área sembrada en Panamá. El objetivo de este ensayo es el de evaluar la influencia climática durante la estación lluviosa sobre el desarrollo morfológico y productivo de cinco cultivares de cebolla (*Allium cepa*). La presente investigación tuvo lugar en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá en la provincia de Chiriquí, durante los meses de julio a noviembre del año 2022. El diseño estadístico utilizado en el ensayo fue el de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y cinco tratamientos que consistieron en los híbridos de cebolla: Alvara, E 515 F1, Gamay, Campo Lindo y Ultra F1. Las variables evaluadas fueron: Etapas fenológicas, diámetro y peso promedio del bulbo, peso por parcela, altura de la planta, número de hojas, longitud de raíces, caracterización de la planta y el bulbo, correlaciones entre variables climáticas y morfológicas. A través de los resultados obtenidos se determinó la fenología y morfología siendo evidente la variabilidad existente entre cada cultivar. El mayor promedio por parcela lo reflejó el cultivar Gamay con 3.69 kg/3.0 m<sup>2</sup> no difiriendo del resto de los híbridos a excepción del E 515 F1. Los resultados de los análisis de correlación indican que la temperatura y la precipitación influyeron negativamente en el comportamiento morfológico de cada una de los cultivares evaluados. Mientras que la radiación influyó positivamente.

**PALABRAS CLAVE:** caracterización morfológica, cebolla, clima, híbridos, variabilidad.

**ABSTRACT.** Onion cultivation is one of the vegetables with the largest planted area in Panama. The objective of this trial was to evaluate the climatic influence during the rainy season on the morphological and productive development of five onion cultivars (*Allium cepa*). This research took place at the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Panama in the province of Chiriquí, from July to November of the year 2022. The statistical design used in the trial was completely randomized blocks, with four replicates and five treatments consisting of five onion hybrids: Alvara, E 515 F1, Gamay, Campo Lindo and Ultra F1. The variables evaluated were phenology, average bulb diameter and weight, weight per plot, plant height, pseudo stem diameter, number of leaves, root length, characterization of the plant and the bulb, correlations between climatic and morphological variables. Variability of phenology and morphology were observed among cultivars. The highest weight per plot was reflected by Gamay with 3.69 kg/3.0 m<sup>2</sup>, no differing from the rest of cultivars but E 515 F1. Correlation analysis shown that temperature and precipitation had a negative influenced on morphological development of each cultivar, while radiation had a positive one.

**KEYWORDS:** climate, hybrids, morphological characterization, onion, variability.



## INTRODUCCIÓN

Una de las grandes limitaciones en la producción de cebolla en Panamá es su cultivo en época lluviosa, esto reduce la oferta en los meses de agosto a octubre. Debido a la escasez de la producción nacional, se resalta la importancia de evaluar nuevos híbridos que permitan el cultivo bajo estas condiciones. La topografía (plana) muchas veces encontradas en las regiones de zonas bajas favorece la mecanización y el incremento de áreas de cultivos, lo que aunado a la incorporación de estos materiales aumentaría la oferta a los consumidores. El análisis de Ayen et al. (2025), sobre producción de cebolla bajo riego reveló que la pendiente del terreno tuvo un efecto negativo sobre la ineficiencia técnica, lo que implica que los agricultores con parcelas de topografía plana o de pendiente moderada lograron una mayor eficiencia técnica que los que trabajan en terrenos inclinados.

Durante el período agrícola 2021-2022, la producción de cebolla nacional alcanzó las 28.5 toneladas, un incremento de 6.6 toneladas comparado con el período anterior (2020-2021) cuando se logró 21.9 toneladas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2025).

El Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2021), afirma que durante los últimos años la producción de cebolla nacional registró un crecimiento importante, pero por debajo de la demanda actual que tienen los panameños. Rodríguez (2020) indica en su artículo del 29 de noviembre que el consumo promedio mensual era de 2,342.82 toneladas lo que significa que la demanda aparente es de 28,113.84 toneladas anuales.

Actualmente en Panamá, existen pocas investigaciones acerca de la influencia ambiental sobre el desarrollo y producción del cultivo de cebolla en tierras bajas, como la evidencian las pocas investigaciones del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (1988, 2019). En la presente investigación se buscó identificar cultivares de cebolla que puedan adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de zonas bajas y que de igual forma sirvan de referencia para futuras investigaciones. El objetivo principal de esta investigación fue el de evaluar la influencia climática durante la estación lluviosa sobre el desarrollo morfológico y productivo de cinco cultivares de cebolla en las zonas bajas de la provincia de Chiriquí.

## MATERIALES Y MÉTODO

La investigación tuvo lugar en la Provincia de Chiriquí, Distrito de David, Corregimiento de Chiriquí; Facultad de Ciencias Agropecuarias. El ensayo se estableció en los terrenos del huerto agrícola (parcela 21-1) durante los meses de junio a noviembre del año 2022. Las coordenadas del terreno son 8°23'36.3" latitud norte y 82°19'49.8" longitud oeste. La elevación sobre el nivel del mar es de 35 m s. n. m. La precipitación promedio fue de 464 mm, temperatura promedio máxima de 30.8 °C, humedad relativa de 92.3 % y una radiación solar de 348.5 cal/cm<sup>2</sup> día<sup>-1</sup> durante los meses de investigación en campo (Nasa Power Data Access Viewer). El área donde se llevó a cabo el ensayo tiene una clasificación textural de suelo arcilloso, lo cual es poco recomendable para el cultivo de cebolla, pH de 6.5 lo cual es óptimo para su desarrollo. Se realizó la medición de la compactación del suelo a tres niveles de profundidad 8, 15 y 23 centímetros, mediante el uso de un penetrómetro (DICKY-john).



Se utilizó como material genético en el presente ensayo los siguientes cultivares de cebolla:

- Alvara: cebolla amarilla de días cortos intermedios, ciclo 95 a 110 días, follaje erecto.
- E 515 F1: híbrido amarillo, material precoz de día corto, porte pequeño, posee buena tolerancia a enfermedades de follaje.
- Campo lindo: cebolla híbrida de días intermedios, ciclo corto (95-100 días).
- Gamay: coloración roja intensa externa e internamente, apta para la siembra en zonas bajas. 4-6 meses.
- Ultra F1: cebolla híbrida amarilla, forma de globo, ciclo (100-120 días).

Los cultivares de cebolla, fueron germinados por la empresa Viveros y Plantas Wing, la cual se dedica a la germinación de semillas de hortalizas en el distrito de Tierras Altas, corregimiento de Volcán a 1378 m s. n. m., posteriormente, fueron aclimatadas en el invernadero del Departamento de Fitotecnia antes del trasplante.

En la preparación de los semilleros se utilizaron bandejas de 200 celdas con el sustrato Lambert LM-GPS, se empleó fertilizante soluble (20-20-20) para la nutrición de las plántulas a una dosis de 250 mg/L aplicados en riego drench.

Las labores de preparación del terreno en la parcela experimental comenzaron dos meses antes del trasplante, con dos pases de rastra de disco con el fin de eliminar residuos de malezas y aflojar el suelo. Las camas fueron levantadas a 20 cm de la superficie y distanciadas por surcos de 0.50 m entre ellas para evitar los encharcamientos. Previo al trasplante se le incorporó al suelo de la parcela abono orgánico de cabra para mejorar su fertilidad y tener un efecto benéfico sobre las propiedades físicas y biológicas del mismo.

El trasplante se realizó manualmente el día 19 de julio, antes del mismo (12 días) se le aplicó al suelo un insecticida nematicida organofosforado (Etoprofos i.a) que actúa por contacto a una dosis de 5 g/hilera, al igual que una aplicación de fungicida del grupo de la Estrobirulina (Fluoxastrobin i.a) a una dosis de 1.5 ml/L en drench para el control de hongos de suelo un día previo al trasplante. Se seleccionaron las mejores plántulas de manera de obtener una siembra homogénea. El día posterior al trasplante se aplicó fertilizante soluble 20-20-20 al suelo en cada una de las hileras a una dosis de 1.5 g/L para empezar a aportar nutrientes a la planta.

La primera fertilización se realizó a los 8 días (ddt) aplicando 435.44 kg/ha de 12-24-12. La segunda fertilización fue aplicada a los 30 días ddt con urea a razón de 67.81 kg/ha y el último abonamiento fue a los 35 días ddt aplicando 217.72 kg/ha de 12-24-12 (cita). A los 15 días ddt, se dio inicio con las aplicaciones semanales de Bayfolan Forte (Bayer) (N-11.47, P-8, K-6), un abono foliar líquido que aporta macronutrientes y micronutrientes indispensables para el desarrollo de la planta. Al iniciar la bulbificación se comenzó la aplicación de calcio, en el caso de la cebolla la elongación y multiplicación celular en los tejidos meristemáticos son activadas por el calcio (Alcántar et al., 2007, como se citó en Pacheco, 2013) utilizando Barrier (COSMOCEL), fertilizante fortalecedor celular con una composición de calcio (CaO) y silicio (SiO<sub>2</sub>) a una dosis de 5 ml/L combinado con Maxi-Grow Excel (COSMOCEL), un bioestimulante líquido complejo a una dosis de 1.25 ml/L.





Las aplicaciones de magnesio se dieron con sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4$ ) a una dosis entre 2.5-5 g/L. Durante el ensayo se realizaron monitoreos y controles preventivos de patógenos cada semana y se intercalaba un fungicida distinto para no crear resistencia. Se realizaron aplicaciones con el bactericida sistémico Agrygent Plus wp (Sulfato de Gentamicina 10 %, Clorhidrato de Oxitetraciclina 30 %), para el control de *Erwinia* sp. y evitar pudriciones iniciales en el cultivo.

Ante la aparición de afectaciones insectiles se utilizó cultivo trampa (*Vigna sinensis*) y la aplicación de insecticidas tanto sistémicos como de contacto, sistémicos y biológicos para reducir la población de ciertas plagas de insectos (chinilla, áfidos, cortadores de follaje) en la cebolla (Ingredientes activos: Fipronil, *Bacillus thuringiensis*, Spinetoram, Malathion, Cipermetrina).

La cosecha se realizó cuando el 50-80 % de las hojas habían doblado en el ensayo para cada variedad. Se realizaron cosechas seleccionando las plantas adelantadas tratando de evitar la afectación del clima sobre el bulbo. Las cebollas permanecieron en secado durante dos semanas, a temperaturas máximas de 36 °C con un intervalo de duración de tres horas y una humedad relativa promedio de 66.2 %, tomadas con un higrómetro digital marca Govee, modelo H5051, colocado en el invernadero.

El diseño estadístico utilizado en este ensayo fue el de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco tratamientos, distribuidos en cuatro réplicas. El área experimental del ensayo fue de 139.5 m<sup>2</sup> donde se emplearon parcelas 1 m de ancho por 3 m de largo por cada híbrido, la distancia entre las mismas fue de 0.5 m, con un distanciamiento de borde de 1 m. Se emplearon cuatro hileras por cama, con un distanciamiento entre cada una de 0.25 m y ubicándose 28 plantas por línea, dando un total de 112 plantas, lo que representa una población de 448 plantas por tratamiento en las cuatro repeticiones. El área efectiva de cada unidad experimental consistió en los dos surcos centrales, para evitar el efecto de borde. El análisis estadístico se realizó a través del paquete estadístico R, SAS OnDemand y GraphPad Prims 8.

Los factores evaluados fueron: etapas fenológicas, caracterización de los cultivares (Descriptores del *Allium* (IPGRI) y Descriptor de Cebolla (*Allium cepa* L.) (Red Andaluza de semillas), características morfológicas (estructura, forma y color de las plantas), altura de planta (cm), diámetro del pseudotallo (mm), número de hojas, longitud de las raíces (cm), peso promedio del bulbo en cada cultivar (g), diámetro del bulbo (cm), peso post secado (g), rendimiento por parcela (kg), correlación entre variables climáticas y morfológicas.

Se realizó un análisis de correlación entre variables climáticas y morfológicas para saber si existe una relación entre las mismas. Igualmente se efectuó un análisis de correlación entre variables morfológicas y establecer saber su relación. Para el análisis de los datos, los mismos fueron sometidos a las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov y conocer si su distribución era normal. Se utilizó la prueba de coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de correlación de Spearman.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto las condiciones ambientales como el manejo agronómico y fitosanitario efectuado a la parcela de investigación, permitió el desarrollo del cultivo.

La condición ambiental durante el período de la investigación fue monitoreada a través de la aplicación Nasa Power Data Access Viewer. La temperatura máxima durante el ciclo del cultivo en el ensayo fue 30.8 °C, lo cual es una temperatura que se mantiene dentro de los rangos para el desarrollo de la cebolla. El promedio para la precipitación fue de 464 mm durante los meses del ensayo, donde el mes de octubre fue el de mayor precipitación con 23 días de lluvia. La humedad relativa tuvo un promedio de 92.3 %. El promedio para la máxima velocidad del viento fue de 27.5 Km/h. Con referencia a la radiación solar se registró un promedio de 348.5 cal/cm<sup>2</sup>/día, el cual es considerado un nivel medio de radiación solar (Abd El-Fattah et al., 2024), no resultando en una variable climática óptima, debido a su influencia en los procesos relacionados con la fotosíntesis, balances de agua, energía, el crecimiento y desarrollo del cultivo.





En toda el área del ensayo la compactación tuvo resultados similares, donde las mediciones estuvieron por debajo de los 689,500 Pascales (Pa) en los primeros 8 cm y ligeramente superiores a las 1,379,000.00 Pa en los 15 cm lo que corresponden a una buena compactación para el desarrollo de las raíces.

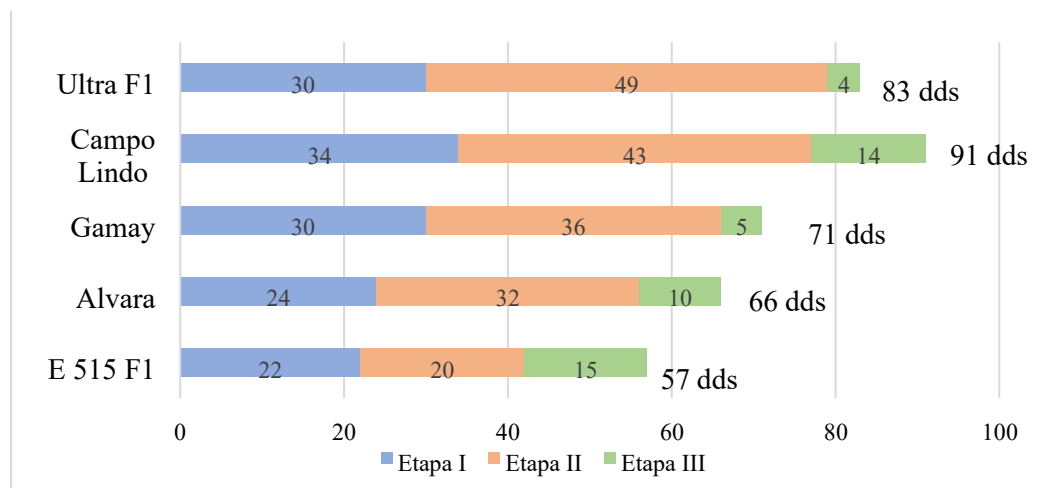
Las etapas fenológicas de la cebolla pueden llegar a ser muy variables de acuerdo con el tipo de material de siembra que se esté empleando (Tabla 1), ya que existen cultivares de ciclo precoz, intermedio y tardío, en adición los mismos pueden ser influenciados por su interacción con el medio ambiente en el que se encuentren. El comienzo y fin de las fases de crecimiento sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas; las etapas fenológicas de los diferentes cultivares evaluados en el ensayo permitió conocer si estas eran de ciclo largo o ciclo corto (tardío o precoz). Brewster (2008) describió las etapas fenológicas de la cebolla determinando su duración. **Axayacatl (s. f.) indica que** un manejo fenológico adecuado no solo contribuye a una mejor planificación y utilización de los recursos, sino que también es fundamental para enfrentar los desafíos impuestos por el cambio climático en la agricultura. El cultivar con el ciclo más corto resultó ser el híbrido E 515 F1 seguido en orden descendente por la Alvara, Gamay y Ultra F1 siendo el híbrido Campo Lindo el que registró el ciclo más largo de 91 días después de la siembra, bajo las condiciones ambientales del área (Figura 1).

Los cinco cultivares de cebolla evaluados fueron caracterizados utilizando los Descriptores del *Allium* (IPGRI, 2001), para determinar la variabilidad genética de los datos morfológicos, se emplearon parámetros estadísticos tales como la media aritmética, valor máximo y mínimo para tres descriptores cuantitativos (Tabla 2).

El cultivar Gamay presentó la mayor altura respecto a los otros cultivares, sin embargo, los híbridos Campo lindo y Gamay presentaron los valores más altos en cuanto al diámetro del pseudotallo y números de hojas en promedio, contrastando con los bajos valores obtenidos por el cultivar E 515 F1 en todos los parámetros.

**Tabla 1***Simbología de las etapas fenológicas de la cebolla.*

Fase fenológica	Color de cada fenología	Etapas
Desarrollo de la planta		I
Formación del bulbo		II
Maduración inicial del bulbo		III
Maduración completa		IV

**Figura 1***Etapas fenológicas de los cinco cultivares de cebollas evaluadas en el ensayo.*

Mediante las observaciones se logró determinar la variabilidad morfológica de los cultivares evaluados, tomando en cuenta los rasgos predominantes para establecer valores de cuatro descriptores cualitativos (Tabla 3).

Alvara, E 515 F1, Gamay presentaron el mismo color de follaje siendo verde oscuro, mientras que la Campo Lindo y Ultra F1 presentaron una tonalidad verde claro. La densidad del follaje, la más alta la presentó Gamay, lo cual es una buena cualidad ya que a mayor cantidad de follaje mayor actividad fotosintética en la hoja y por ende mayor desarrollo de la planta. Todos los cultivares presentaron portes entre erectos e intermedios a excepción del híbrido Gamay con porte postrado, siendo este una característica no deseable debido a que las hojas se exponen a contagios de patógenos del suelo por el mayor contacto con el mismo.

**Tabla 2**

*Parámetros utilizados para la estimación de variabilidad morfológica cuantitativa (altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas) de cinco cultivares de cebolla.*

Cultivar	C1			C2			C3		
	MAX	MIN	PRO	MAX	MIN	PRO	MAX	MIN	PRO
<b>Alvara</b>	60	35	48.7	1.5	0.8	1.1	6	4	5
<b>E 515 F1</b>	50	25	39.4	1.2	0.6	0.9	6	3	4
<b>Gamay</b>	71	50	59.8	1.7	0.9	1.2	10	4	5
<b>Campo Lindo</b>	72	44	57.2	1.9	1	1.5	10	4	6
<b>Ultra F1</b>	79	38	53.7	1.6	0.5	1.1	7	3	4

Descripción: C1: Altura de la planta (Centímetros), C2 Diámetro del pseudotallo (milímetros), C3: Número de hojas, MAX: Valor máximo, MIN: Valor mínimo, PRO: Promedio.

**Tabla 3**

*Parámetros utilizados para la caracterización cualitativa (color del follaje, densidad del follaje, porte del follaje, quebrado del follaje) de las variedades de cebolla evaluadas.*

Cultivar	C4	C5	C6	C7
<b>Alvara</b>	VO	I	E	F
<b>E 515 F1</b>	VO	B	E	F
<b>Gamay</b>	VO	A	P	F
<b>Campo Lindo</b>	VC	I	IT	F
<b>Ultra F1</b>	VC	I	IT	F

Descriptores: C4: Color del follaje, C5: Densidad del follaje, C6: Porte del follaje, C7: Quebrado del follaje. Características: VO: Verde oscuro, VC: Verde claro, B: Baja, I: Intermedia, A: Alta, P: Postrado, IT: Intermedio, E: Erecto, F: Fuerte.

Todos los materiales presentaron un quebrado del follaje fuerte, lo cual los hace menos susceptibles a daños por manejo y fuertes vientos (Tabla 3). Con la excepción del híbrido Gamay con una coloración de violeta oscuro, los bulbos del resto de los materiales presentaron un color de piel marrón, (Tabla 4). Todas estas características (forma ovoide, diámetro ancho, piel marrón entre fina e intermedia) coinciden con la preferencia del consumidor panameño (Santana et al., 2023) observado en los centros de expendio de acuerdo con Fermín (2016). La prueba de KruskalWallis mostró diferencias significativas entre los tratamientos en la altura de la planta (K-W = 351.89,  $p < 0.001$ ), diámetro del tallo (K-W = 186.47,  $p = 0.001$ ) y en el número de hojas (K-W = 270.10,  $p = 0.001$ ).

**Tabla 4**

*Caracterización física de los bulbos de 5 cultivares evaluados bajo condiciones ambientales en la época lluviosa.*

Cultivar	Forma del bulbo	Uniformidad de la forma de los bulbos	Color de la piel	Espesor de la piel	Color de la pulpa del bulbo
<b>Alvara</b>	Ovoide Ancha	Uniforme	Marrón	Fina	Verde/blanco
<b>E 515 F1</b>	Ovoide Ancha	Uniforme	Marrón	Fina	Verde/blanco
<b>Gamay</b>	Ovoide Ancha	Variable	Violeta Oscuro	Intermedio	Violeta/blanco
<b>Campo Lindo</b>	Ovoide Ancha	Variable	Marrón	Fina	Verde/blanco
<b>Ultra F1</b>	Elíptica Ancha	Variable	Marrón	Intermedio	Verde/blanco

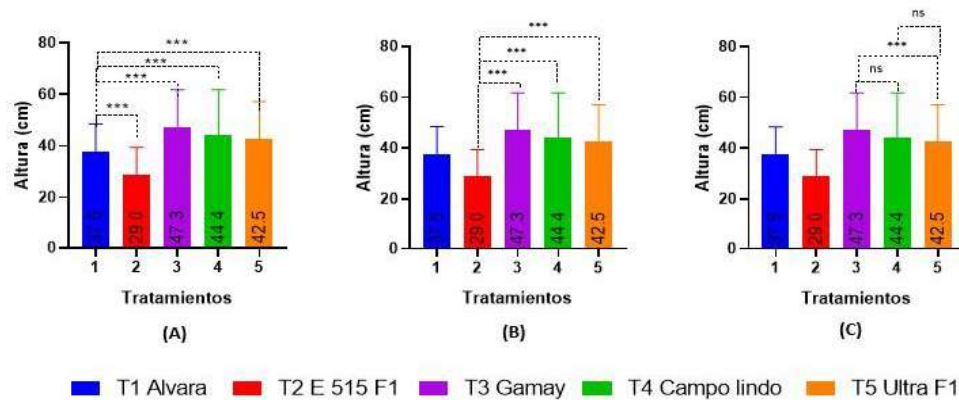
En la prueba de comparaciones múltiples de Dunn's, (Figura 2A, 3A y 4A), se observa un efecto significativo en los tratamientos 2, 3, 4 comparados con el tratamiento 1, donde, la respuesta de los diferentes cultivares en cuanto a la variable altura, diámetro y número de hojas, pudo verse influenciada por diversos factores como: características genotípicas y fisiológicas propias de cada híbrido y condiciones edafoclimáticas. Los tratamientos Gamay y Campo Lindo obtuvieron los valores más altos, no difiriendo significativamente entre si ( $p = 0.47$ ) en la variable altura (Figura 2C) en el diámetro del pseudotallo, ( $p > 0.99$ , Figura 3C), pero si con el resto de los tratamientos, observándose este mismo efecto en el promedio de número de hojas ( $p = 0.87$ , Figura 4C).

El análisis de varianza para la variable longitud de raíces, no mostró diferencia significativa entre los cultivares ( $p > 0.10$ ) ni entre las repeticiones ( $p > 0.35$ , c.v = 15.70) lo cual indica que todos los cultivares registraron valores muy semejantes mostrando promedios en un rango de 6.36 a 8.63 cm a los 30 ddt en cuanto a longitud de raíces. Esto indica que los cultivares lograron establecer un sistema radicular que se desarrolló en un suelo arcilloso donde normalmente se dificulta el crecimiento radical.

La prueba de diferencias múltiples de Tukey para las variables, peso del bulbo, diámetro del bulbo, peso del bulbo post secado y peso promedio por parcela, reflejaron la misma tendencia (Tabla 5), donde los cultivares Gamay, Alvara, Campo Lindo y Ultra F1 registraron los promedios más altos, sin diferir entre ellos, comparado al cultivar E 515 F1 el cual obtuvo el menor promedio en dichas variables.

**Figura 2**

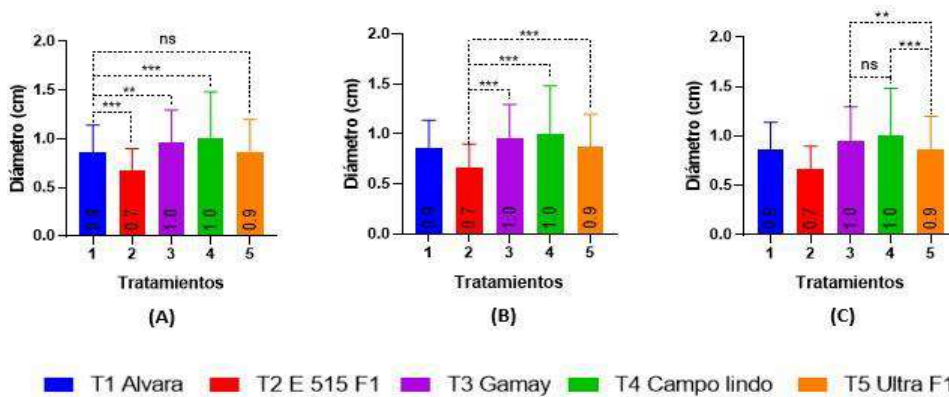
Media  $\pm$ DE, de la altura de la planta durante el ensayo.



\* Indica diferencias significativas entre tratamientos, \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

**Figura 3**

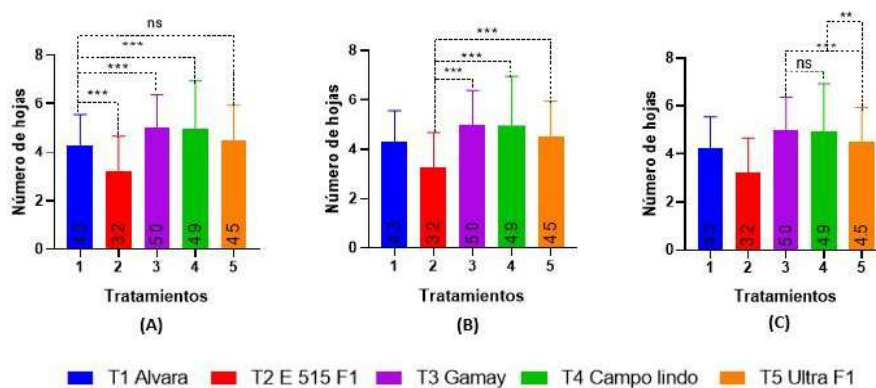
Media  $\pm$ DE, del diámetro del pseudotallo durante el ensayo.



\* Indica diferencias significativas entre tratamientos, \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

**Figura 4**

Media  $\pm$ DE, del número de hojas durante el ensayo.



\* Indica diferencias significativas entre tratamientos, \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .



**Tabla 5**

*Prueba de comparación de medias (Tukey) de las variables evaluadas en la producción de bulbos de 5 cultivares de cebolla bajo condiciones ambientales en la época lluviosa.*

Parámetros *	Peso del bulbo(g)	Diámetro del bulbo (cm)	Peso Post secado (g)	Peso promedio (kg)/3.0 m <sup>2</sup>
Híbridos Alvara	65.67 a	4.64 a	58.43 a	3.66 a
Gamay	73.03 a	4.79 a	66.84 a	3.69 a
Campo Lindo	68.68 a	4.60 a	54.82 a	3.17 ab
Ultra F1	66.46 a	4.30 a	52.89 a	2.53 ab
E 515 F1	24.76 b	3.10 b	23.20 b	1.35 b
C.V. %	11.59	6.0	16.46	29.9

\* Medias que comparten la misma letra no son significativamente.

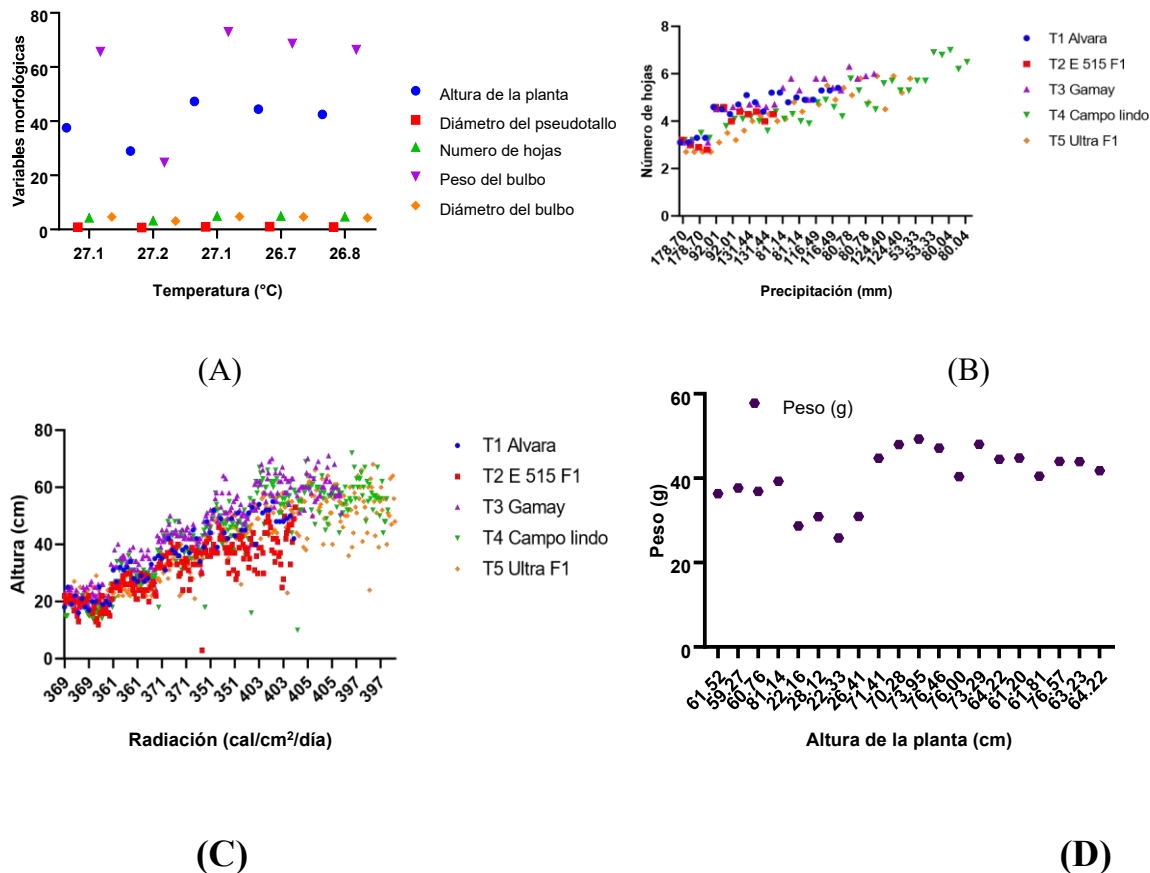
Todos los híbridos tuvieron un buen post secado del bulbo, debido a que el lugar donde se realizó presentaba condiciones adecuadas. Según Rivera Martínez et al. (2012), la razón o velocidad del proceso de secado dependerá principalmente de la temperatura del aire, de la humedad relativa, de la ventilación y de la humedad en el cuello al momento de la poda. La temperatura promedio registrada en el invernadero, donde se dio el secado de los bulbos fue de 33.8 °C y 66.2 % de humedad relativa con una ventilación permanente debido al sistema de mallas expandidas que permitían la circulación del aire exterior.

Al realizar el análisis, el coeficiente de correlación de r de Pearson muestra que existe significancia entre la precipitación y el número de hojas para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 ( $r = -0.73$ ,  $p = 0.002$ ;  $r = -0.89$ ,  $p < 0.0001$ ;  $r = -0.81$ ,  $p < 0.0001$ ;  $r = -0.63$ ,  $p < 0.0001$ ;  $r = -0.51$ ,  $p = 0.0054$ , respectivamente). Lo que indica una correlación negativa fuerte entre las variables precipitación y número de hojas, al aumentar la precipitación hay menor número de hojas (Figura 5B). Lescay & Moya (2006), encontraron en su investigación que los factores climáticos que ejercieron mayor influencia sobre el comportamiento de las variables morfoagronómicas fueron la temperatura y las precipitaciones.

Brewster (2008), señala a través de un gráfico, que a mayor longitud de las hojas presentes mayor será el tamaño de la planta en el momento del inicio de la formación del bulbo por lo tanto mayor será el diámetro y el rendimiento del cultivo. Este efecto negativo entre las variables climáticas y desarrollo morfológico pudo incidir en el tamaño de los bulbos de ciertos híbridos del ensayo.

**Figura 5**

*Correlación entre las variables climáticas y morfológicas de los cinco cultivares de cebolla, cultivados en época lluviosa.*



En cuanto a la variable de temperatura, el coeficiente de correlación de Pearson es significativo ( $r = -0.54$ ,  $p = 0.01$ ;  $r = -0.59$ ,  $p = 0.005$ ;  $r = -0.57$ ,  $p = 0.007$ ;  $r = -0.50$ ,  $p = 0.02$ ;  $r = -0.50$ ,  $p = 0.02$ ) respectivamente para las variables morfológicas (Figura 5A) lo que indica que existe una relación negativa media entre las variables donde a mayor temperatura menor altura de planta, diámetro del pseudotallo, número de hojas y peso del bulbo respectivamente. López- Urquidez et al. (2021), Lescay & Moya, (2006) coincidieron en su estudio, afirmando que las plantas que se desarrollaron bajo temperaturas máximas muy altas tuvieron un menor desarrollo, debido a que las altas temperaturas acortaron el ciclo de vida. Esta afirmación tiene una relación con los ciclos fenológicos de cada uno de los cultivares estudiados, los cuales presentaron una reducción en su ciclo de cultivo, donde el más afectado fue el híbrido E 515 F1 con 57 días (Figura 1).

Al realizar el análisis del coeficiente de correlación de Spearman muestra que existe significancia entre la radiación y la altura de la planta para los tratamientos ( $r = 0.17$ ,  $p = 0.01$ ;  $r = 0.15$ ,  $p = 0.02$ ;  $r = 0.50$ ,  $p < 0.0001$ ;  $r = 0.60$ ,  $p < 0.0001$ ;  $r = 0.59$ ,  $p < 0.0001$ ) respectivamente. Lo que indica una correlación positiva entre las variables radiación y altura de la planta, donde a mayor radiación mayor altura (Figura 5C). Dogliotti et al. (2011), en su estudio, indican que existen tres variables fundamentales para el rendimiento de la cebolla y que son afectadas en forma importante por el manejo del cultivo, la cantidad de radiación interceptada, la eficiencia de uso de la luz y la



duración de la bulbificación. Igualmente explican que la radiación, es esencial para los procesos fisiológicos y de crecimiento, ya que dependen en gran medida de la disponibilidad de energía disponible. Dogliotti et al. (2011), afirman que la duración del período de bulbificación es afectada fundamentalmente por la temperatura media y el porcentaje de la radiación incidente interceptada por el cultivo.

Es posible que la radiación que se dio en la época del desarrollo de la planta debido a las nubosidades propias de la estación interactuando con las altas temperaturas, haya afectado el crecimiento del bulbo en ciertas variedades, influyendo directamente en la tasa de fotosíntesis y la acumulación de biomasa en el bulbo. Lescay & Moya (2006) en su estudio, afirmaron que la variabilidad observada en algunos caracteres es debida fundamentalmente a la diferencia en los genes que llevan los diferentes materiales y las condiciones ambientales a que estos han sido expuestos. Por lo que los genes no pueden hacer que se desarrolle un carácter si no tiene el medio ambiente adecuado.

El valor estadístico  $r$  de Pearson en la relación altura de la planta y peso del bulbo fue de (0.86), siendo una correlación altamente significativa ( $p < 0.0001$ ). Este resultado muestra una correlación positiva entre estas dos variables, indicando que a mayor altura mayor será el aumento del peso del bulbo. Igualmente se correlacionó el peso con el diámetro del bulbo donde ( $r = 0.95$ ,  $p < 0.0001$ ), donde a mayor peso del bulbo mayor es el aumento del diámetro en centímetros.

## CONCLUSIONES

Los análisis de correlación indicaron que existe una relación de dependencia entre los grupos de variables, es decir, entre los híbridos estudiados y los factores climáticos que influyeron de una forma u otra su desarrollo.

El estudio de estos factores climáticos sobre el desarrollo del cultivo permitió establecer la capacidad de cada uno de los cultivares para su adaptación al área y lograr rendimientos en una época donde a pesar de obtenerse una menor producción a consecuencia de los problemas expuestos (clima, fitopatógenos, insectos, suelos arcillosos) es posible alcanzar mejores precios del producto en el año. Sin embargo, se debe realizar mayores evaluaciones de pruebas de genotipo ambiente con los mismos cultivares evaluados u otros recién adquiridos en el mercado, en la época seca con otros valores climáticos, donde puedan expresar su mayor potencial.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.



## REFERENCIAS

- Abd El-Fattah, N., Abd El-baki, M., Ibrahim, M., Sharaf-Eldin, M., & Elsayed, S. (2024). Evaluating the Performance of Data-Driven Models Combined with IoT to Predict the Onion Yield under Different Irrigation Regimes. *Egyptian Journal of Soil Science*, 64(4), 1549-1566. Disponible en: [\\*article\\_384263\\_cd934b636e7035bf2b0b37da5d120dcf.pdf](https://www.ejss.eg.net/article_384263_cd934b636e7035bf2b0b37da5d120dcf.pdf)
- Axayacatl, O. (s. f.). Blog Agricultura. Etapas fenológicas del cultivo de cebolla. Disponible en: <https://blogagricultura.com/etapas-fenologicascebolla/#:~:text=Comprender%20estas%20fases%20es%20esencial,productividad%20y%20calidad%20del%20cultivo.>
- Ayen, K., Kidane, T., & Wubet, A. (2025). Technical and cost efficiency analysis of irrigated onion production: Insight from smallholders irrigated onion farmers in North East Amhara National Regional State, Ethiopia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, Article 1495820. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1495820>.
- Brewster, J. (2008). Onions and Other Vegetable Alliums (2.a ed.). London, Reino Unido. Disponible en: <https://books.google.com.pa/books?id=WThJP6j9r-IC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Dogliotti, S., Colnago, P., Galván, G., & Aldabe, L. (2011). Bases Fisiológicas del crecimiento y desarrollo de los principales cultivos hortícolas Tomate (*Lycopersicum sculentum*), Papa (*Solanum tuberosum*) y Cebolla (*Allium cepa*). Disponible en: [https://olericultura.files.wordpress.com/2014/12/fisio-y-crec-papa\\_toma\\_ceb.pdf](https://olericultura.files.wordpress.com/2014/12/fisio-y-crec-papa_toma_ceb.pdf)
- Fermín, E. (2016). Cebolla, escasez y altos precios. Disponible en: [https://www.prensa.com/economia/ingrediente-conflicto\\_0\\_4530297019.html](https://www.prensa.com/economia/ingrediente-conflicto_0_4530297019.html)
- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2019). Proyecto de Investigación e Innovación para la generación de variedades de hortalizas de tierras bajas resilientes al cambio climático. Disponible en: <https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/PROYECTOMEJORAMIENTO008102019FINAL.pdf>
- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (1988). Cebolla se cultiva en época lluviosa. [Folleto].
- IPGRI. (2001). International Plant Genetic Resources Institute. Descriptores del *Allium* Spp. Disponible en: [https://www.ecpgr.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/728\\_Descriptors\\_for\\_Allium\\_\\_Allium\\_spp..pdf](https://www.ecpgr.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/728_Descriptors_for_Allium__Allium_spp..pdf)
- Lescay, E., & Moya, C. (2006). Influencia de los factores climáticos sobre algunas variables morfoagronómicas en la producción de bulbos de cebolla (*Allium cepa*, L.) en la región



- oriental de cuba. *Cultivos Tropicales*. 27(4), 73-75. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215912013.pdf>
- López-Urquidez, G. A., Cordero-Armenta, J. C., Martínez-Campos, Á. R., Edeza-Urías, J. A., Tirado-Ramírez, M. A., & López-Orona, C. A. (2021). Efecto de la oscilación térmica en la calidad y rendimiento de cebolla blanca en el Valle de Culiacán, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 671-684. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200709342021000400671](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200709342021000400671)
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2025). Cierre Agrícola, Año 2024–2025. Disponible en: [CIERRE-AGRICOLA-2024-2025.pdf](#)
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). Cierre Agrícola, Año 2020–2021. Disponible en: [CIERRE-AGRICOLA-2020-2021-ofical-2-1.pdf](#)
- Pacheco, I. (2013). Curva de absorción de nutrimentos en cebolla *Allium cepa* cv. Aquarius y ajo *Allium sativum* cv. Criollo. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Costa Rica. Disponible en: <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/1cd52dbb-f83a-472b9f6b-287a29f0e7d3/content>
- Rivera Martínez, L. E., Fornaris Rullán, G. J., Cabrera Asencio, I., Lugo, M. de L., Rivera Vargas, L. I., Vicente, N., Comas, M., Rojas, N., Conty, L. (2012). Conjunto tecnológico para la producción de cebolla. Puerto Rico. Disponible en: <https://scholar.uprm.edu/entities/publication/627aa4e1-84d8-4853-bc5a-43c251c9b555>
- Rodríguez, M. (2020). *Panamá supera la producción de cebolla y alcanza el desabastecimiento*. La Estrella de Panamá. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/economia/produccion-cebolla-supero-480-milBLLE463640>
- Santana, C., Díaz, D., & Ortiz, I. (2023). Percepción del consumidor sobre la calidad de la cebolla nacional. 21<sup>st</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. Disponible en: [https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/allpapers/Contribution\\_1529\\_a.pdf](https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/allpapers/Contribution_1529_a.pdf)



## Uso del aceite esencial de orégano, y su efecto sobre el rendimiento productivo en pollos Cobb 500®

### Use of oregano essential oil and its effect on productive performance in Cobb 500® chicken

\*Sidney Serrano Fossatti. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[sidney.serrano@up.ac.pa](mailto:sidney.serrano@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0008-6542-1136>

Mario Arjona-Smith. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[mario.arjona@up.ac.pa](mailto:mario.arjona@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-6100-1731>

Benancio Polanco. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[venancio-e.polanco-s@up.ac.pa](mailto:venancio-e.polanco-s@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0001-1850-2127>

\*Autor de Correspondencia: [sidney.serrano@up.ac.pa](mailto:sidney.serrano@up.ac.pa)

Recibido: 27/09/2025

Aceptado: 13/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8801>

**RESUMEN.** Para el desarrollo de este trabajo se evaluó el efecto del aceite esencial del orégano sobre variables productivas en pollos Cobb 500®. El mismo se realizó en una galera convencional, empleando un diseño completamente al azar (DCA), en el cual se utilizaron 200 pollos de la línea Cobb 500®, con un día de nacido, ubicados en 20 corrales en el piso. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes tratamientos: (T0) sin inclusión de aceite esencial de orégano, y con inclusión de aceite esencial de orégano los grupos (T1) inclusión de 150 ml/1000 L, (T2) inclusión de 300 ml/1000 L, (T3) inclusión de 450 ml/1000 L. Cada tratamiento constó con cinco repeticiones de 10 pollos por repetición (corral), muestreados en su totalidad al final de cada etapa productiva: pre- inicio (1-7 días), inicio (8-21 días), crecimiento (22-33 días) y engorde (34-42 días). Las variables fueron evaluadas para normalidad y homocedasticidad, luego sometidas a estadística paramétrica (ANOVA y Tukey-Kramer) o no paramétrica (Kruskal Wallis y comparación por pares) a nivel de significancia de ( $p < 0.05$ ). En los resultados se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) para el ciclo completo, entre los tratamientos con inclusión de aceite esencial de orégano (T1, T2, y T3) y el (T0) sin inclusión de aceite esencial de orégano para las variables de: peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y rendimiento de carcasa. Por lo que se concluye, que el aceite esencial de orégano tiene efectos favorables sobre dichas variables productivas.

**PALABRAS CLAVE:** conversión alimenticia, consumo de alimento, ganancia de peso, pollo de engorde, rendimiento de carcasa.

**ABSTRACT.** For the development of this work, the effect of oregano essential oil on productive variables in Cobb 500® chickens was evaluated. It was carried out in a conventional barn, using a completely randomized design (DCA), in which 200 chickens from the Cobb 500®-line, one day old, located in 20 pens on the floor, were used. The treatments used were the following treatments: (T0) without inclusion of oregano essential oil, and with inclusion of oregano essential oil, groups (T1) inclusion of 150 ml/1000 L, (T2) inclusion of 300 ml/1000 L, (T3) inclusion of 450 ml/1000. Each treatment consisted of five repetitions of 10 chickens per repetition (pen). Sampled in their entirety at the end of each productive stage: pre-start (1-7 days), start (8-21 days), growth (22-33 days) and fattening (34-42 days). The variables were evaluated for normality and homoscedasticity, then subjected to parametric (ANOVA and Tukey-Kramer) and non-parametric (Kruskal Wallis and pairwise comparison) statistics at the significance level of ( $p < 0.05$ ). In the results showed highly significant differences ( $p < 0.0001$ ) for the entire cycle between the treatments including oregano essential oil (T1, T2, and T3) and the treatment without oregano essential oil (T0) for the variables of: live weight, weight gain, feed intake, and carcass yield. Therefore, it is concluded that oregano essential oil has favorable effects on these production variables.

**KEYWORDS:** carcass yield, chicken broiler, feed conversion, feed intake, weight gain.

## INTRODUCCIÓN





La industria avícola es la de mayor crecimiento de todo el sector pecuario, impulsada principalmente por una fuerte demanda. Se ha expandido, consolidado y globalizado en los últimos 15 años en países de todos los niveles de ingreso (FAO, 2013). En Panamá los resultados de la encuesta pecuaria de gallinas y pollos, suministrados por el (INEC, 2021), reveló que la población avícola es de un total de 27,771,000 y que de esta cantidad 20,694,300 son aves de engorde.

En el 2006, la Unión Europea prohibió el uso de promotores de crecimiento en animales destinados para el consumo humano, ya sea para mejorar su tasa de crecimiento o lograr un mayor rendimiento en la producción (OPS, 2021). La OMS (2017), recomienda firmemente una reducción general del uso de todas las clases de antibióticos de importancia médica en los animales destinados a la producción de alimentos, incluida la restricción completa de estos fármacos para estimular el crecimiento y prevenir enfermedades sin diagnóstico previo.

La prohibición de los antibióticos como promotores, debe entenderse como una medida de seguridad en salud pública, no como una medida meramente política y por ello se deben buscar nuevas alternativas al uso de los antibióticos en la alimentación animal y potenciar aquellas investigaciones que vayan encaminadas a su estudio (Torres & Zarazaga, 2002).

En la actualidad se investigan compuestos naturales para sustituir los antibióticos. Como resultado, el aceite esencial de orégano ha recibido mucha atención por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes que pueden ofrecer beneficios higiénicos y tecnológicos en la producción animal (Zamora et al., 2015).

El orégano *Origanum vulgare*, pertenece a la familia Labiaceae, es una planta herbácea aromática, utilizada por sus propiedades naturales y además, posee antioxidantes, omega3, hierro, magnesio, cobre, calcio y aporta vitaminas como (B6) piridoxina, (B1) tiamina, (C) ácido ascórbico, (E) tocoferol y (K) filoquinona, indispensables para el buen funcionamiento del organismo (Acevedo et al., 2013). El aceite esencial de orégano se ha propuesto como aditivo natural para su uso en pollos de engorde, teniendo su efecto principal en el tracto gastrointestinal, además de una acción moduladora sobre el microbiota intestinal (Betancourt et al., 2012). Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del aceite esencial de orégano sobre parámetros productivos en pollos COBB 500®.

## MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en una galera convencional de una finca, ubicada en el Corregimiento de Sortová, Distrito de Bugaba, Provincia de Chiriquí, República de Panamá. Localizado a los 8°34'14" de Latitud Norte y 82°38'37" de Longitud Oeste y con una elevación de 425 m s. n. m. Según datos de ETESA (2023), la temperatura anual promedio es de 27 °C y la humedad relativa promedio de 82.9 %.

Para este estudio se utilizaron 200 pollos de la línea Cobb 500® con un día de nacidos. Se establecieron cuatro tratamientos: Tratamiento Control (T0): sin inclusión de aceite esencial de orégano; tratamiento 1 (T1): inclusión de 150 ml de aceite esencial de orégano/1000 L de agua;



tratamiento 2 (T2): inclusión de 300 ml de aceite esencial de orégano/1000 L de agua; y tratamiento 3 (T3): inclusión de 450 ml de aceite esencial de orégano/1000 L de agua.

En los tratamientos con adición de aceite esencial de orégano el mismo se mezcló homogéneamente con el agua de bebida. La presentación del aceite esencial utilizado fue el Oregostim Liquid, el cual está compuesto por un 5 % de aceite esencial de orégano. En este estudio se desarrollaron las siguientes etapas de producción: pre- inicio (1-7 días), inicio (8-21 días), crecimiento (22-33 días) y engorde (34-42 días). Se utilizó alimento concentrado comercial para dichas etapas y se brindó el mismo manejo sanitario para todos los tratamientos.

En cuanto al diseño experimental se realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA), para lo cual los 200 pollos utilizados, fueron ubicados en 20 corrales en el piso, a los cuales se les asignó los tratamientos, cada tratamiento contó con cinco repeticiones de diez animales. Los animales fueron muestreados en su totalidad al final de cada etapa de producción. Los datos obtenidos se tabularon en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 2021.

Las variables de respuesta evaluadas se describen a continuación:

#### **Peso Vivo (Kg):**

Se registró al final de cada etapa, pesando cada uno de los pollos que se utilizaron en el estudio, por medio de una balanza de 0.01 de aproximación.

#### **Ganancia de Peso:**

Es el aumento de peso que un animal gana por día. Se realizaron pesajes al inicio y al final de cada etapa en 100 % de la población en cada tratamiento.

Ganancia de Peso (g) = Peso Final (g) – Peso Inicial (g)

#### **Consumo de Alimento:**

Cantidad de concentrado ingerido por el animal. Este parámetro se obtuvo de la relación entre el alimento fresco ofrecido diariamente, y el alimento rechazado el cual se pesó al final de cada etapa.

Nivel de Consumo (g) = Alimento Ofrecido (g) – Alimento Rechazado (g)

#### **Conversión Alimenticia (C.A.):**

Relación entre el consumo de alimento y la ganancia de peso que tiene el animal en un periodo de tiempo determinado, que en este caso correspondió a cada etapa.

$$C.A = \frac{\text{Consumo de Alimento (g)}}{\text{Ganancia de Peso Corporal (g)}}$$

#### **Rendimiento de Carcasa:**



Se obtuvo del pollo sacrificado, desangrado, desprovisto de: cabeza, patas, vísceras, plumas y riñones.

Para el análisis de los datos se incluyó pruebas de normalidad (Shapiro y Wilk, 1965) y homocedasticidad (Levene, 1960). Si las variables cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, fueron sometidas al análisis de varianza (ANOVA) y prueba de rangos múltiples de Tukey-Kramer (Kramer, 1956). Los que no cumplieron con uno o ambos supuestos de normalidad y homocedasticidad, fueron analizados mediante las pruebas de Kruskal Wallis y comparación por pares, a nivel de significancia de ( $p < 0.05$ ). El software estadístico empleado fue Infostat (Di-Rienzo et al., 2015).

Finalmente se determinó el máximo biológico y económico de los tratamientos. Para la determinación del máximo biológico, se consideró la ganancia de peso con respecto a la inclusión de aceite esencial de orégano. Para conocer los aspectos de las variables en cuanto a la producción de pollos Cobb 500<sup>®</sup>, se utilizó el modelo desarrollado por Pesti et al. (1986), los cuales establecieron una función cuadrática de respuesta que se basaba en que el ave podía llegar a un peso determinado en un mismo tiempo por medio de diferentes programas nutricionales.

La determinación del máximo económico se basó en el comportamiento del margen económico con respecto a la inclusión de aceite esencial de orégano descrito por una curva de regresión cuadrática. El margen se estimó mediante la ecuación de rentabilidad para la cual se requiere básicamente la cantidad de carne de pollo, la cantidad del alimento consumido en función a los diferentes niveles de inclusión de aceite esencial de orégano y los precios de los insumos y del producto.

$$\pi = (\text{Precio de X}) (\text{Cantidad de X}) - (\text{Precio de Y}) (\text{Consumo de Y})$$

Donde:

$\pi$  = Margen o rentabilidad

X = Producto (Carne de Pollo)

Y = Insumo (Alimento Concentrado y Aceite Esencial de Orégano)

Para la determinación del máximo biológico y económico se empleó la metodología usada por Arjona & Guevara, (2019).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso vivo

Los resultados de esta variable demostraron que para todas las etapas como también para el ciclo completo el comportamiento de los pollos fue similar, existiendo diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre el T0 sin inclusión de aceite esencial de orégano y los T1, T2, y T3 con inclusión de aceite esencial de orégano en la dieta, encontrando que para el ciclo completo un aumento de 27.1 % o mayor peso vivo de los animales cuyos tratamientos contenían el aceite esencial de orégano, con respecto al T0 (tabla 1).

**Tabla 1**

*Efecto del aceite esencial de orégano sobre el peso vivo (g) en las diferentes etapas de producción en pollos COBB 500®.*

TRATAMIENTO	PRE- INICIO	INICIO	CRECIMIENTO	ENGORDE	CICLO COMPLETO
<b>T0</b>	129.98 <sup>B</sup>	610.89 <sup>B</sup>	1496.71 <sup>B</sup>	2083.34 <sup>B</sup>	2083.34 <sup>B</sup>
<b>T1</b>	174.50 <sup>A</sup>	884.96 <sup>A</sup>	1998.31 <sup>A</sup>	2685.53 <sup>A</sup>	2685.53 <sup>A</sup>
<b>T2</b>	172.80 <sup>A</sup>	874.36 <sup>A</sup>	1988.98 <sup>A</sup>	2683.48 <sup>A</sup>	2683.48 <sup>A</sup>
<b>T3</b>	175.32 <sup>A</sup>	875.36 <sup>A</sup>	2008.02 <sup>A</sup>	2647.78 <sup>A</sup>	2647.78 <sup>A</sup>
<b>P</b>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

Promedios en la misma columna con letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El aumento en el peso vivo de los pollos se puede atribuir a los compuestos químicos del aceite esencial de orégano, que por tener compuestos fenolados como el carvacrol y timol, posee efectos benéficos para la salud intestinal al controlar su flora y evitar la proliferación de patógenos oportunistas (Aguirre et al., 2013). Dichos compuestos presentes en el orégano poseen propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Gallegos-Flores et al., 2019). Hashemi & Davoodi (2010) atribuyen que el efecto antibacteriano y de promotor de crecimiento están estrechamente relacionados, ya que afectan benéficamente el ecosistema microbiano intestinal al controlar las bacterias patógenas y sus toxinas y, en consecuencia, mejorando la digestibilidad de los nutrientes.

De igual manera, González & Torres (2016) añaden que los aceites esenciales estimulan la actividad de las enzimas digestivas en la mucosa intestinal y el páncreas mejorando el estado funcional de las microvellosidades intestinales, contribuyendo así a una mejor absorción de los nutrientes. Además, posee ventajas como las que indican Chaturvedi et al. (2021) quienes agregan que el aceite esencial de orégano carece de residuos que provoquen resistencia bacteriana, lo cual asegura las nuevas alternativas para la producción avícola (Amad et al., 2011).

### Ganancia de Peso

En el análisis de la variable ganancia de peso se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), entre el T0 sin inclusión de aceite esencial de orégano y los T1, T2, y T3 con inclusión de aceite esencial de orégano en la dieta, como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Efecto del aceite esencial de orégano sobre la ganancia de peso (g) en las diferentes etapas de producción en pollos COBB 500®.*

TRATAMIENTO	PRE- INICIO	INICIO	CRECIMIENTO	ENGORDE	CICLO COMPLETO
<b>T0</b>	90.46 <sup>B</sup>	480.91 <sup>B</sup>	885.82 <sup>B</sup>	586.63 <sup>C</sup>	2043.82 <sup>B</sup>



<b>T1</b>	133.75 <sup>A</sup>	710.46 <sup>A</sup>	1113.35 <sup>A</sup>	687.22 <sup>A</sup>	2644.78 <sup>A</sup>
<b>T2</b>	131.85 <sup>A</sup>	701.56 <sup>A</sup>	1114.62 <sup>A</sup>	694.50 <sup>A</sup>	2642.53 <sup>A</sup>
<b>T3</b>	133.59 <sup>A</sup>	700.04 <sup>A</sup>	1132.66 <sup>A</sup>	639.76 <sup>B</sup>	2606.05 <sup>A</sup>
<b>P</b>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

Promedios en la misma columna con letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Referente a esta variable, Brambilla & De Filippis (2011) encontraron el mismo comportamiento y expresaron que la adición de orégano en la dieta de los pollos aportó un cambio significativo en cuanto a ganancia de peso. Estudios realizados por, Fotea et al. (2010) confirmaron que todos los grupos que recibieron aceite esencial de orégano tuvieron ganancias de peso superiores que el grupo sin adición de aceite en la dieta. Además, Tubón (2020) indicó que la utilización de aceite esencial de orégano enmarca un novedoso campo de acción sobre el microbiota intestinal, modificando poblaciones para que el animal tenga un mejor desempeño, esto ayuda a mejorar la absorción y utilización de nutrientes lo que repercute en mejores ganancias de peso.

El aumento de la ganancia de peso se explica, ya que en condiciones normales parte de los alimentos ingeridos por el pollo no son aprovechados o no son digeridos en su totalidad, esto nos indica que la capacidad digestiva del pollo puede estar limitada, principalmente en pollitos jóvenes donde la producción de enzimas endógenas es baja. El uso del aceite esencial de orégano influye sobre la digestibilidad de los ingredientes, determinando un incremento en la ganancia de peso (Brambilla & De Filippis, 2011). Por su parte, Madrid et al. (2017) comentan que el aceite esencial de orégano tiene efecto positivo en el tracto gastro intestinal, ya que al adicionarlo mejora las condiciones del pH, de esta forma se potencializa el establecimiento de cepas de bacterias benéficas y mejora el nivel de absorción de los nutrientes.

### Consumo de alimento

Los resultados para la variable del consumo de alimento en todas las etapas, y para el ciclo completo presentaron comportamientos similares, existiendo diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), entre el T0 sin inclusión de aceite esencial de orégano y los T1, T2, y T3 con inclusión de aceite esencial de orégano en la dieta, como se puede observar en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Efecto del aceite esencial de orégano sobre el consumo (g) en las diferentes etapas de producción en pollos COBB 500<sup>®</sup>.*

TRATAMIENTO	PRE- INICIO	INICIO	CRECIMIENTO	ENGORDE	CICLO COMPLETO
<b>T0</b>	67.26 <sup>B</sup>	675.53 <sup>B</sup>	1460.89 <sup>C</sup>	1300.97 <sup>B</sup>	3504.65 <sup>B</sup>
<b>T1</b>	110.64 <sup>A</sup>	948.83 <sup>A</sup>	1692.38 <sup>A</sup>	1384.76 <sup>A</sup>	4136.61 <sup>A</sup>
<b>T2</b>	106.09 <sup>A</sup>	933.63 <sup>A</sup>	1658.88 <sup>B</sup>	1401.93 <sup>A</sup>	4100.53 <sup>A</sup>
<b>T3</b>	107.46 <sup>A</sup>	903.69 <sup>A</sup>	1678.69 <sup>A</sup>	1405.53 <sup>A</sup>	4095.37 <sup>A</sup>



**P** < 0.0001 < 0.0001 < 0.0001 < 0.0001 < 0.0001  
 Promedios en la misma columna con letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Según los resultados obtenidos el mayor consumo en los T1, T2 y T3 se puede deber a que el aceite esencial de orégano promueve el consumo de alimento y aumenta la palatabilidad en sistemas donde se utilizan subproductos y alimentos de escaso valor nutricional, que generalmente tienden a afectar el comportamiento y la salud animal (Lisintuña, 2014). Según Apaéstegui et al. (2016), el consumo de alimento es una variable que se ve afectada por las bondades de la adición del orégano a la dieta. Cross et al. (2007), indican que el aceite esencial de orégano tiene propiedades para estimular el apetito, beneficiar la digestión mediante la mejora de la actividad de enzimas digestivas y absorción de nutrientes.

Por otra parte, Deyoe et al. (1962) reportaron que la suplementación de aceites esenciales a través de la dieta podría incrementar o disminuir el consumo de alimento; depende del tipo de aceite esencial o de la especie de procedencia, en algunos casos se da la promoción del consumo debido a su acción sobre la palatabilidad, pero en los casos de astringencia podría disminuirse el consumo. Cross et al. (2007) llegaron a conclusiones similares cuando evaluaron la inclusión de extractos de plantas de diferentes especies. Se destaca principalmente una respuesta diferencial frente al consumo de timol, el cual estuvo positivamente asociado con el consumo de alimento y peso corporal.

### Conversión alimenticia

Dentro de los resultados obtenidos en las etapas de pre- inicio, inicio y crecimiento, así como para el ciclo completo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), entre el T0 y los T1, T2, y T3. Sin embargo, para la etapa de engorde, existió diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), entre el T0 y los T1, T2, y T3, como se observa en la (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Efecto del aceite esencial de orégano sobre la conversión alimenticia en las diferentes etapas de producción en pollos COBB 500<sup>®</sup>.*

TRATAMIENTO	PRE- INICIO	INICIO	CRECIMIENTO	ENGORDE	CICLO COMPLETO
<b>T0</b>	0.74 <sup>B</sup>	1.41 <sup>B</sup>	1.65 <sup>B</sup>	2.22 <sup>B</sup>	1.71 <sup>B</sup>
<b>T1</b>	0.83 <sup>A</sup>	1.34 <sup>A</sup>	1.52 <sup>A</sup>	2.02 <sup>A</sup>	1.58 <sup>A</sup>
<b>T2</b>	0.80 <sup>A</sup>	1.33 <sup>A</sup>	1.49 <sup>A</sup>	2.01 <sup>A</sup>	1.57 <sup>A</sup>
<b>T3</b>	0.80 <sup>A</sup>	1.29 <sup>A</sup>	1.48 <sup>A</sup>	2.02 <sup>A</sup>	1.59 <sup>A</sup>
<b>P</b>	0.0351	0.0489	0.0355	<0.0001	0.0102

Promedios en la misma columna con letras diferentes en superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Estas menores conversiones alimenticias en los tratamientos con la inclusión de aceite esencial de orégano se pueden explicar porque los aceites esenciales pueden tener un impacto importante en la conversión alimenticia y la estabilización de las poblaciones microbianas, como también pueden aumentar la absorción de nutrientes (Alagawany et al., 2018). El aceite esencial de orégano como aditivo natural para su uso en pollos de engorde, tiene efecto principalmente en el tracto gastrointestinal, además de una acción moduladora sobre el microbiota intestinal (Betancourt, 2012). Según Jamroz et al. (2003) el aceite esencial de orégano aumenta la digestibilidad de los nutrientes, afectando positivamente el microbiota intestinal y reduciendo la adherencia de patógenos, lo que resulta en una mejor conversión alimenticia.





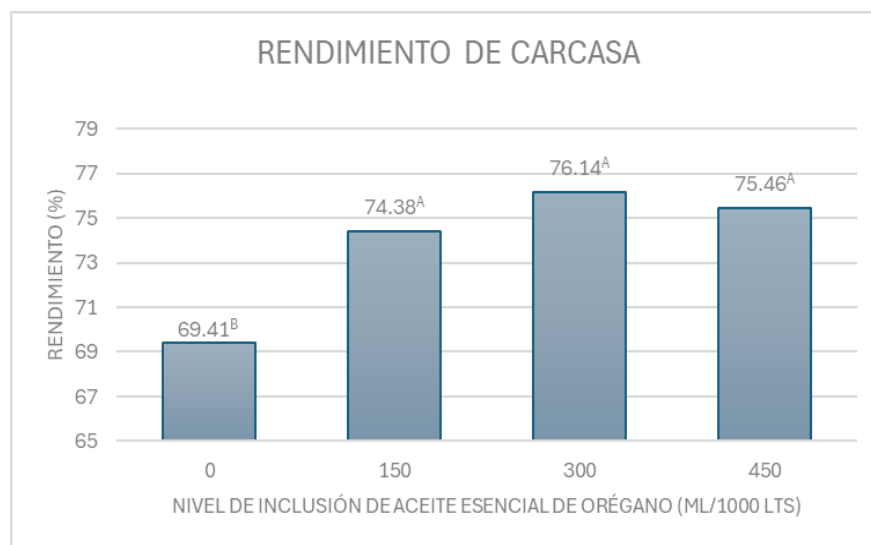
Los factores involucrados en la integridad del intestino tienen consecuencias importantes para la eficiencia alimenticia, debido a que la capacidad de la absorción de nutrientes de cada segmento del intestino es proporcional al número, altura y ancho de las vellosidades presentes, ya que definen el tamaño y área de la superficie disponible para la absorción de nutrientes (Pelicano et al., 2003).

### Rendimiento de carcasa

Para esta variable se encontró diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), entre el T0 y los T1, T2, y T3 con inclusión de aceite en la dieta. Como se observa en la figura 1.

#### Figura 1

*Efecto del aceite esencial de orégano sobre el rendimiento de carcasa (%) en las diferentes etapas de producción en pollos COBB 500<sup>®</sup>.*



Valores con letras diferentes son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Señalan Méndez et al. (2017) que la inclusión de aceite esencial de orégano puede aplicarse en la producción de pollos de engorda, debido a que mejora las características productivas de la canal y su carne. Esto se debe a que los pollos alimentados con aceites esenciales exhiben mayores rendimientos de la carcasa (Gumus & Gelen, 2023).

Expresan Ordóñez et al. (2018), quienes trabajaron con aceites esenciales del orégano, señalando que la actividad antioxidante disminuye el gasto de nutrientes en la reparación de tejidos a nivel del tracto gastrointestinal, por lo que, se podría lograr órganos más sanos lo que repercute en un mayor rendimiento de carcasa. Se ha reportado que la acción de los principios contenidos en el orégano alarga a las vellosidades intestinales y disminuye la profundidad de las criptas, por lo que podría asumirse el mejor rendimiento de carcasa por su empleo en la dieta (Prabakar et al., 2016).

### Máximo Biológico y Máximo Económico

Con el objetivo de encontrar la respuesta en el comportamiento de los pollos Cobb 500<sup>®</sup>, se analizó la variable ganancia de peso, en las diferentes etapas de pre-inicio, inicio, crecimiento y engorde,

así como en el ciclo completo de producción, con respecto a los diferentes niveles de inclusión de aceite esencial de orégano.

A continuación, se muestran los resultados del análisis de regresión (Tabla 5 y 6).

**Tabla 5**

*Determinación del máximo biológico para las etapas productivas y el ciclo completo en pollos COBB 500®.*

ETAPA PRODUCTIVA	DERIVADA DE LA ECUACIÓN	NIVEL DE INCLUSIÓN DE ORÉGANO (ML/1000LTS)	GANANCIA DE PESO (G)
PRE-INICIO	$Y' = -0.001 X' + 0.2927$	293	135.74
INICIO	$Y' = -0.0052 X' + 1.5877$	305	735.58
CRECIMIENTO	$Y' = -0.0046 X' + 1.542$	335	1156.42
ENGORDE	$Y' = -0.0034 X' + 0.8878$	261	704.10
CICLO COMPLETO	$Y' = -0.0134 X' + 4.0967$	305	2706.33

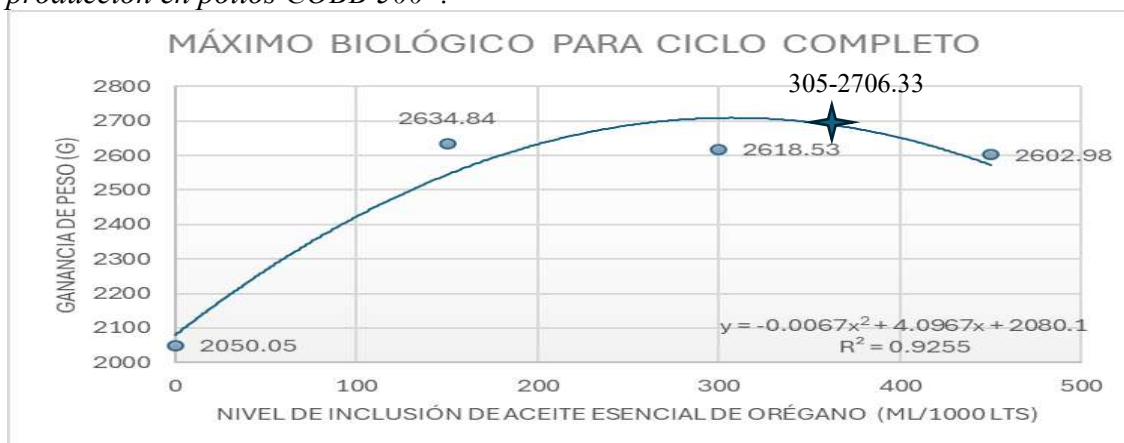
**Tabla 6**

*Determinación del máximo económico para engorde y ciclo completo en pollos COBB 500®.*

ETAPA PRODUCTIVA	DERIVADA DE LA ECUACIÓN	NIVEL DE INCLUSIÓN DE ORÉGANO (ML)	RENTABILIDAD (\$)
ENGORDE	$Y' = -0.000003 X' + 0.0015$	250	0.66
CICLO COMPLETO	$Y = -0.000016 X' + 0.0046$	288	1.70

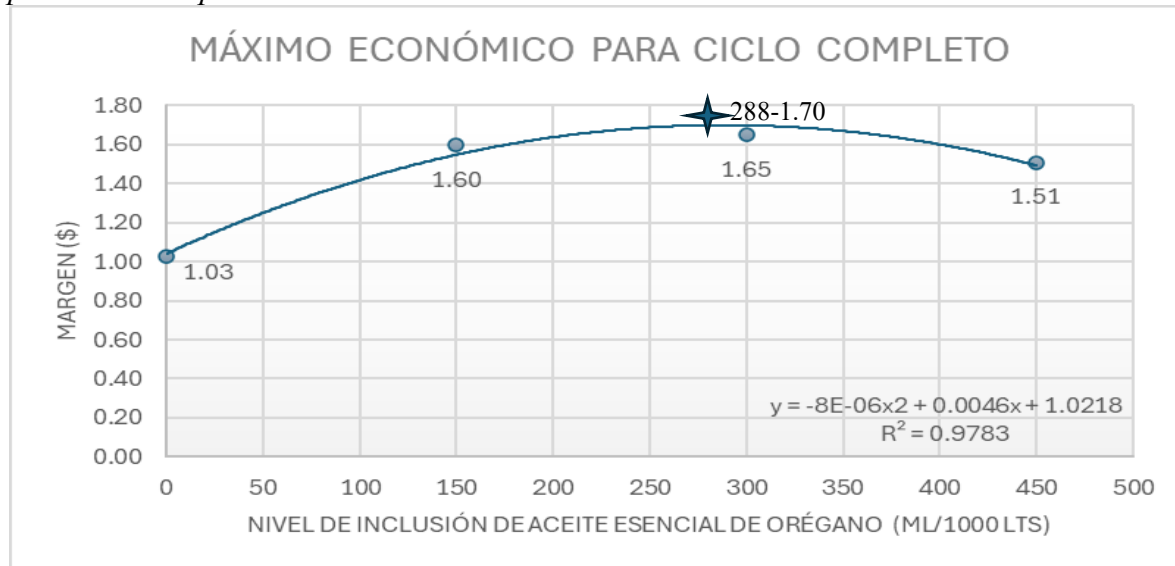
**Figura 2**

*Relación entre el nivel de inclusión de orégano y la ganancia de peso para el ciclo completo de producción en pollos COBB 500®.*



**Figura 3**

Relación entre el nivel de inclusión de orégano y el margen económico para el ciclo completo de producción en pollos COBB 500®.

**Tabla 7**

Determinación del margen económico esperado con los requerimientos determinados para engorde y ciclo completo en pollos COBB 500®.

	Req. Max. Bio.	Margen (\$)	Req. Max. Eco.	Margen (\$)	Diferencia (\$)
<b>Engorde</b>	261 (ml)	0.64	250 (ml)	0.66	0.02
<b>Ciclo completo</b>	305 (ml)	1.67	288 (ml)	1.70	0.03

Como se puede apreciar en las figuras 2 y 3 y la tabla 7, los requerimientos de orégano para lograr los máximos biológicos y económicos varían según la etapa productiva, lo que es sustentado por Guevara (2004) quien señala que los requerimientos de los animales varían dependiendo del costo de los nutrientes y del precio del producto.

## CONCLUSIONES

La inclusión de aceite esencial de orégano en el agua tiene efecto positivo sobre las variables productivas como son peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa en pollos Cobb 500®.

Los requerimientos de aceite esencial de orégano determinados para lograr los máximos biológicos y económicos varían para el ciclo completo de producción en pollos Cobb 500®.



## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). *Información Tecnológica*, 24, 43-48.
- Aguirre, A., Borneo, R., & León, A. (2013). Antimicrobial, mechanical and barrier properties of triticale protein, filmes incorporated with oregano essential oil. *Food Bioscience*, 1, 2-9.
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M., Farag, M., Shaheen, H., Abdel-Latif, M., Noreldin, A., & Patra, A. (2018). The usefulness of oregano and its derivatives in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 74(3), 463-474.
- Amad, A., Männer, K., Wendler, K., Neumann, K., & Zentek, J. (2011). Effects of a phytogenic feed additive on growth, performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*. 90(12), 2811-2816.
- Apaéstegui, R., Pineda, C., & Chuquiyauri, M. (2016). Orégano (*Origanum vulgare* L) en los parámetros productivos de los pollos de engorde. *Investigación Valdizana*, 11(2), 86-92.
- Arjona, M., & Guevara, V. (2019). Efecto de Diferentes Niveles de Densidad de Nutrientes Sobre el Comportamiento Productivo y Metabolismo Energético de Pollos de Engorde. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 2(1), 1-17.
- Betancourt, L. (2012). Evaluación de aceites esenciales de orégano en la dieta de pollos de engorde. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9594>
- Betancourt, L., Ariza, C., & Afanador, G. (2012). Effects of supplementation with oregano essential oil on ileal digestibility, intestinal histomorphology, and performance of broiler chickens. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(2), 240-251.
- Brambilla, G., & De Filippis, S. (2011). Trends in animal feed composition and the possible consequences on residues. *Analytica Chimica Acta*, 529(1-2), 7-13.
- Chaturvedi, P., Shukla, P., Giri, B. S, Chowdhary, P., Chandra, R., Gupta, P., & Pandey, A (2021). Prevalencia e impacto peligroso de los productos farmacéuticos y de cuidado personal y los antibióticos en el medio ambiente: una revisión de los contaminantes emergentes. *Investigación ambiental*, 194.
- Cross, D., Mcdevitt, R., Hillman, K., & Acamovic, T. (2007). The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in young chickens from 7 to 28 days of age. *British Poultry Science*, 48(4), 496-506.



- Deyoe, C., Davies, R., Krishnan, R., Khuand, R., & Couch, J. (1962). Studies on the taste preferences of the chick. *Poultry Science*, 41, 781-784.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2015). InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- ETESA. (2023). Hidrometeorología de ETESA. Disponible en: <https://www.imhpa.gob.pa/es/clima-historicos>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2013). Revisión del Desarrollo Avícola. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>
- Fotea, L., Costăchescu, E., Hoha, G., & Leonte, D. (2010). El efecto del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) sobre el rendimiento de los pollos de engorde. *Lucrări Științifice Seria Zootehnie*, 53, 253-256.
- Gallegos-Flores, P., Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Meza-López, C., & Echavarría-Cháirez, F. (2019). Actividad antibacteriana de cinco compuestos terpenoides: carvacrol, limoneno, linalool, a-terpineno y timol: *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2), 241-248.
- González, Y., & Torres, O. (2016). Utilización del orégano (*Origanum vulgare*) como promotor de crecimiento. *Conexión Agropecuaria JDC*, 6(2), 57-71.
- Guevara, V. (2004). Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science*, 83, 147-151.
- Gumus, R., & Gelen, S. (2023). Efectos de los aceites esenciales de tomillo y romero en la dieta sobre los parámetros de rendimiento relacionados con la oxidación lipídica, la actividad del agua, el pH, el color y la calidad microbiana de las carnes de pechuga y muslo de pollos de engorde. *Archivos de Mejoramiento Animal*, 66 (1), 17-29.
- Hashemi, S., & Davoodi, H. (2010). Phyto-genetics as new class of feed additive in poultry industry. *Journal of animal and veterinary advance*, 9(17), 2295-2304.
- INEC (Instituto de Estadística y Censo). (2021). Avance de cifras, Encuesta Pecuaria de Ganado Vacuno, Porcino y Gallinas: octubre de 2021. Disponible en: [https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520220216155423Comentarios\\_existencia%20de%20ganado%20vacuno,%20porcino%20y%20aves.pdf](https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520220216155423Comentarios_existencia%20de%20ganado%20vacuno,%20porcino%20y%20aves.pdf)
- Jamróz, D., Orda, J., Kamel, C., Wiliczkiwicz, A., Wartelecki, T., & Skorupinska, J. (2003). La influencia de los extractos fitogénicos en la digestibilidad de los nutrientes, las características de la carcasa y el estado microbiano intestinal de los pollos de engorde. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 12(3), 583-596.
- Kramer, C. (1956). Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics*, 12(3), 307.



- Levene, H. (1960). Robust Tests for Equality of Variances. *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, 2, 278-292.
- Lisintuña, J. (2014). Evaluación de los parámetros productivos en terneros en la etapa de crecimiento de la raza Holstein con dieta a base de aceite de orégano como suplemento de la Parroquia Machachi Cantón Mejía. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi] RRAAE.  
[https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTC\\_93e908adb3c40e25d43cb6ab41daffea](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UTC_93e908adb3c40e25d43cb6ab41daffea)
- Madrid, T., Parra, J., & López, A. (2017). La inclusión de aceite esencial de orégano (*Lippia origanoides*) mejora parámetros inmunológicos en pollos de engorde. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 75-83.
- Méndez, G., Durán, L., Hume, M., & Silva, R. (2017). Performance, blood parameters, and carcass yield of broiler chickens supplemented with Mexican oregano oil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(6), 515-520.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2017). Dejemos de administrar antibióticos a animales sanos para prevenir la propagación de la resistencia a los antimicrobianos. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance>.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). (2021) Avanza la concientización sobre uso adecuado de antimicrobianos en la industria agropecuaria. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/17-11-2021-avanza-concientizacion-sobre-uso-adecuado-antimicrobianos-industria>
- Ordoñez, E., Del Carpio, P., & Cayo, I. (2018). Suplementación alimenticia con orégano (*Origanum vulgare*) y complejo enzimático en pollos de carne. *Revista de Investigación y cultura*, 7(1), 2-10.
- Pelicano, E., De Souza, P., De Souza, H., Oba, A., Norkus, E., Kodawara, L., & De Lima, T. (2003). Efecto de diferentes probióticos en la calidad de la carne y la carcasa de los pollos de engorde. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 5(3), 207-214.
- Pesti, G., Arraes, R., & Miller, B. (1986). Uso de la respuesta cuadrática del crecimiento a las concentraciones de proteína y energía en la dieta en la formulación de alimentos de menor costo. *Poultry Science*, 65(6), 1040-1051.
- Prabakar, G., Gopi, M., Karthik, K., Shanmuganthan, S., Kirubakaran, A., & Pavulray, S. (2016). Phytobiotics: Could the greens inflate the poultry production. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(7), 383-392.
- Shapiro, S., & Wilk, M. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- Torres, C., & Zarazaga, M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales: ¿Vamos por el buen camino?. *Gaceta Sanitaria*, 16(2), 109-112.





Tubón, Q. (2020). Evaluación de diferentes niveles de aceite de orégano (*Origanum vulgare*) en pollos de engorde. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Archivo digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5613/1/PC000985.pdf>

Zamora, G., Macías, J., Estrada, E., Meléndez, L., & Vázquez, R. (2015). Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 23(65), 5-12.



## Parámetros genéticos para rasgos de crecimiento en bovinos Charolais en el trópico panameño

## Genetic parameters for growth traits in Charolais cattle from panamanian tropical conditions

*Jimmy Jurado.* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[davidjurado18@gmail.com](mailto:davidjurado18@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-4278-9804>

*\*Reggie Guerra.* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[rguerram09@gmail.com](mailto:rguerram09@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8471-2862>

*José Miranda.* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[tinyjose30@gmail.com](mailto:tinyjose30@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0008-2508-3603>

*Nohelys Ríos.* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[nohelys.rios@up.ac.pa](mailto:nohelys.rios@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0005-8822-2904>

*Carlos Solís.* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[carlos.solis@up.ac.pa](mailto:carlos.solis@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-2472-556X>

*Alberto Menéndez-Buxadera.* Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[contact@ambuxadera.com](mailto:contact@ambuxadera.com)

<https://orcid.org/0000-0002-0408-4200>

*\*Autor de Correspondencia:* [rguerram09@gmail.com](mailto:rguerram09@gmail.com)

**Recibido:** 14/10/2025

**Aceptado:** 21/11/2025

**DOI** <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8819>

**RESUMEN.** El contar con recurso genético adaptable a las condiciones ambientales propias es de vital importancia para lograr una mejor producción con menores costos y respetando el bienestar animal. Con el objetivo de estimar los componentes de (co)varianza genética para el peso al nacer (PN) y peso al destete (P205) de animales Charolais en las condiciones tropicales de Chiriquí, Panamá, se emplearon 1895 registros de esta raza, nacidos entre los años 1998 a 2019. Los datos se analizaron mediante un modelo animal bivariados considerando efectos fijos de grupo contemporáneo (año-época), sexo, edad al parto de la madre y la covariable edad al destete en el caso de P205, los cuales fueron altamente significativos. Como efectos aleatorios se incluyeron el animal, así como el ambiente permanente de la madre. La heredabilidad fue de  $0.39 \pm 0.10$  y  $0.24 \pm 0.08$  para PN y PD respectivamente y una correlación genética de  $0.80 \pm 0.12$  entre ambos. La repetibilidad fue de  $0.41 \pm 0.15$  para PN y  $0.33 \pm 0.15$  para ambos rasgos. La solución del modelo permitió la estimación del valor genético para cada rasgo y estos resultados se sometieron a un análisis de componentes principales (APC) y los dos primeros vectores propios se emplearon como factor de ponderación en un índice de selección. Se constató que mediante el índice mediante ACP se lograría una mejora leve con relación al uso de los valores genéticos independiente, sin embargo, la alta correlación entre ambos rasgos es una limitante. Se recomienda utilizar el ACP como herramienta para generar índices de selección para los rasgos analizados en la población Charolais estudiada, aunque es necesario otros estudios en una población más amplia.

**PALABRAS CLAVE:** análisis de componentes principales, correlación genética, heredabilidad, índices de selección.

**ABSTRACT.** Having genetic resources that are well adapted to local environmental conditions is of great importance for achieving better productive performance with lower costs and ensuring animal welfare. The objective of this study was to estimate the genetic (co)variance components for birth weight (BW) and weaning weight adjusted to 205 days (WW205) in Charolais cattle under the tropical conditions of Chiriquí, Panama. A total of 1,895 records from animals born between 1998 and 2019 were used. The data were analyzed with a bivariate animal model considering the fixed effects of contemporary group (year-season), sex, dam age at calving, and the covariate age at weaning for WW205,



all of which were highly significant. Random effects included the animal and the dam's permanent environmental effect. Heritability estimates were  $0.39 \pm 0.10$  for BW and  $0.24 \pm 0.08$  for WW205, with a genetic correlation of  $0.80 \pm 0.12$  between both traits. Repeatability was  $0.41 \pm 0.15$  for BW and  $0.33 \pm 0.15$  for WW205. The model solutions allowed the estimation of breeding values for each trait, and these results were subjected to a principal component analysis (PCA). The first two eigenvectors were used as weighting factors in a selection index. It was observed that the PCA-based index would yield only a slight improvement compared with the independent use of breeding values; however, the high correlation between traits limits the response. It is recommended to use PCA as a complementary tool to build selection indices for the traits evaluated in this Charolais population, although studies with larger populations are still needed.

**KEYWORDS:** genetic correlation, heritability, principal components analysis, selection index.

## INTRODUCCIÓN

Los registros del peso al nacer y al destete conforman la información básica para seleccionar a los futuros reemplazos y valorar la rentabilidad de la finca, debido a que una de las principales fuentes de ingresos es la venta de terneros al destete. Con los datos del peso al nacimiento (PN) y peso al destete (PD) podemos deducir la ganancia total de peso tanto de manera individual, como el promedio del total de crías destetadas por cada vaca de acuerdo con lo expuesto por Loaiza, (2011). En Panamá los índices para PN de los animales bovinos de carne fluctúan entre 21.8 a 25.0 kg y para PD (generalmente realizado a los siete meses) entre los 149.7 a 190.5 kg (Miranda et al., 2024), lo cual es menor que los índices reportados para otros países de la región. Una de las posibles razones de estos resultados es la falta de planes de mejoramiento genético organizado para los sistemas mencionados anteriormente (cría, ceba, lechería) en Panamá, y esto ha contribuido a que se tengan bajos índices productivos y reproductivos en la ganadería bovina, por lo cual, se hace necesaria la implementación de herramientas de selección que permitan una mejora de los sistemas de producción.

Esta mejora se puede realizar mediante la elaboración de un índice de selección que incluyan estos primeros indicadores, ya que es una manera óptima para combinar el valor para cada uno de los caracteres a seleccionar los mejores animales como reproductores (Amaya et al., 2021). De acuerdo con Domínguez-Viveros et al. (2018), los índices de selección permiten identificar los candidatos a selección, aplicando ponderaciones a los valores fenotípicos con propiedades de mejor predictor lineal, además que minimiza el error de predicción, maximiza la exactitud en las predicciones, así como la respuesta a la selección, y maximiza la probabilidad de ordenar correctamente a los animales con base en el arreglo de valor aditivo.

Por todo lo mencionado anteriormente, el objetivo de esta investigación fue estimar los componentes de (co)varianza genética el peso al nacer y al destete y combinar ambos rasgos en un índice aplicable a ganado bovino de la raza Charolais en las condiciones de Chiriquí, Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en una finca dedicada a la cría de ganado de carne, ubicada en el distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, Panamá. La misma se encuentra localizada en las coordenadas  $8^{\circ}45'05.5''$  Norte y  $82^{\circ}40'10.3''$  Oeste, a una altura de 1,311 m s. n. m.



Dicha región presenta un clima definido como tropical muy húmedo. Existen dos épocas, la de lluvias (mayo a diciembre), y la de seca (enero a abril). En dicha zona se reporta una temperatura que oscilan de los 22 °C hasta los 34 °C y precipitaciones de 3,904 mm (IMHPA, 2025).

Para el estudio se contó con una base de datos originales que contenía 1,895 registros de animales de la raza Charolais, correspondieron a los registros de PN y PD de los años 1998 a 2019. Los animales fueron alimentados totalmente a base de pastoreo, las especies que predominan en esta área de producción son *Cynodon nlemfuensis*, *Urochloa arrecta* y *Urochloa decumbens*. Adicionalmente al pasto, a los animales se le ofrecía una suplementación con sales minerales ad libitum.

Del total de datos recabados de la finca (2,450 datos), se realizó una depuración donde se eliminaron registros por datos fuera de  $\pm 3$  desviaciones estándar de cada rasgo, así como algunos animales con uno o ambos padres desconocidos o identificación confusa, quedando finalmente 1,829 observaciones hijos de 899 madres de las cuales 36 estaban en el vector de animales y 112 padres, el pedigrí tenía un total de 2,512 animales con datos y sus antecesores.

Los datos fueron analizados según un modelo bivariado aplicado a cada rasgo así:

$$\mathbf{y}_n = \mathbf{GC}_{pn} + \mathbf{X}_b + \mathbf{Z}_{\mu 1} + \mathbf{Z}_{p1} + \mathbf{e}_1$$

$$\mathbf{y}_d = \mathbf{GC}_{pd} + \mathbf{X}_b + \mathbf{Z}_{\mu 2} + \mathbf{Z}_{p2} + \mathbf{e}_2$$

donde:

$\mathbf{y}_n$ ;  $\mathbf{y}_d$  = son vectores de las observaciones de PN y PD respectivamente para cada animal.

$\mathbf{GC}_{pn}$ ;  $\mathbf{GC}_{pd}$  = representan los efectos fijos de grupos contemporáneos para:

PN (año de nacimiento-23 clases-, época de nacimientos-4 clases-)

PD (año de destete -22 clases-, época de destete -4 clases-)

$\mathbf{X}_b$  = contienen los efectos fijos de sexo -2 clases- y edad al parto de la madre (2, 3, 4...9 o más años) y la covariable de edad al destete para este rasgo solamente.

$\mu_n$  y  $\mu_d$  = son vectores de efectos aleatorios debido al animal que produce el registro para peso al nacer y al destete respectivamente.

$p_n$  y  $p_d$  = son vectores de efectos aleatorios de ambiente permanente debido a la madre de cada animal que produce el registro para peso al nacer y al destete respectivamente.

$e_n$  y  $e_d$  = son vectores de efectos de efectos residuales común para todas las observaciones mientras que produce el registro para peso al nacer y al destete respectivamente

$\mathbf{X}$  y  $\mathbf{Z}$  = son matrices de incidencia para relacionar las observaciones con los efectos fijos y aleatorios.

En este modelo se asume que:

$$\text{var} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_n \\ \mathbf{y}_d \end{bmatrix} \approx \mathbf{N} \left[ \mathbf{0}, (\mathbf{G}_o = \begin{bmatrix} \sigma_{a_n}^2 & \sigma_{a_{nd}} \\ \sigma_{a_{dn}} & \sigma_{a_d}^2 \end{bmatrix} \otimes \mathbf{A}) + \begin{bmatrix} \sigma_{p_n}^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \sigma_{p_d}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_{e_n}^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \sigma_{e_d}^2 \end{bmatrix} \right]$$

Donde:

$\mathbf{G}_o$  representa los componentes de (co)varianza genética, de ambos rasgos,  $\mathbf{A}$  es el denominador de la matriz de parentesco. En este modelo bivariado, se obtienen los componentes de varianza



para peso al nacer ( $\sigma_{a_n}^2$ ) al destete ( $\sigma_{a_d}^2$ ) y la covarianza entre los mismos ( $\sigma_{a_{nd}} = \sigma_{a_{dn}}$ ). Con estos resultados se puede estimar la heredabilidad  $h^2$  para peso al nacer ( $h_n^2 = \frac{\sigma_{a_n}^2}{\sigma_{a_n}^2 + \sigma_{p_n}^2 + \sigma_{e_n}^2}$ ) al destete ( $h_d^2 = \frac{\sigma_{a_d}^2}{\sigma_{a_d}^2 + \sigma_{p_d}^2 + \sigma_{e_n}^2}$ ). Por otro lado, la correlación genética entre ambos caracteres será  $r_g = \frac{\sigma_{a_{nd}}}{\sqrt{\sigma_{a_n}^2 * \sigma_{a_d}^2}}$ .

La solución de este modelo proporciona las estimaciones del Valor Genético (VGE) para cada carácter. A continuación, se elaboró un índice de selección para ambos rasgos mediante el uso de un análisis de componentes principales (ACP), donde los resultados de los valores genéticos de PN y PD fueron unidos para 1,829 animales en común y sometidos a un ACP con el programa Matlab (MathWorks, 2018). El objetivo de este proceso consistió en que los coeficientes de ambos vectores pueden utilizarse como factor de ponderación y confeccionar un índice que absorbe el máximo de las (co)varianzas genéticas para ambos rasgos. El número de componentes principales que explicaron la mayor parte de la varianza se eligieron mediante el criterio de Kaiser (Kaiser, 1960).

Los modelos estadísticos aplicados para estimar PN y PD fueron similares. Para cumplimentar los requisitos del ACP que establece las variables deben estar estandarizadas (Hair et al., 2010), se empleó la opción princomp(zscore) de Matlab (MathWorks, 2018).

Para una interpretación gráfica del ACP se presentaron los correspondientes Biplot para las funciones genéticas estudiadas, contruidos de igual modo mediante el programa Matlab (MathWorks, 2018). En este caso se tomó en cuenta que cada punto del Biplot representa una nueva expresión en la cual se combinan los VGE estandarizados para cada uno de los elementos de los valores genéticos para PN y PD ponderado por los coeficientes del componente principal uno y componente principal dos. De esta forma se representó el mérito genético de cada animal en su doble capacidad de producción al nacimiento y al destete.

Se utilizaron estos coeficientes para estimar un índice combinado cuya construcción expresó el mérito genético conjunto de los animales para ambos rasgos, adaptando para tal fin la metodología utilizada por Guerra et al. (2018), en un estudio realizado en ganado lechero.

Aun cuando el procedimiento de ACP es ampliamente conocido en sus propiedades estadísticas (Hair et al., 2010), solo recientemente comienza a ser empleado en los estudios de genética animal. En esta investigación se utilizó solo como una herramienta auxiliar para encontrar una solución robusta para explicar las relaciones entre PN y PD.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para una mejor evaluación del efecto ambiental, se realizó un análisis trimestral cuyas frecuencias se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1***Frecuencia de observaciones según trimestre de nacimiento.*

Trimestres	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
1	519	28.38	519	28.38
2	454	24.82	973	53.20
3	374	20.45	1347	73.65
4	482	26.35	1829	100.00

En el caso de la frecuencia de observaciones para la variable sexo de la cría la información se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2***Frecuencia de observaciones según el sexo de la cría*

SEXO	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
H	952	52.05	952	52.05
M	877	47.95	1829	100.00

El número de observaciones según la edad de la madre se puede observar en la tabla 3.

**Tabla 3***Número de observaciones según la edad de la madre.*

Edad de la madre	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
2	183	10.01	183	10.01
3	587	32.09	770	42.10
4	275	15.04	1045	57.14
5	219	11.97	1264	69.11
6	170	9.29	1434	78.40
7	112	6.12	1546	84.53
8	124	6.78	1670	91.31
9	159	8.69	1829	100.00

Al evaluar el efecto de la edad de la madre sobre el PN y PD, se pudo encontrar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), para ambas variables (Tabla 4).



**Tabla 4***Relación de la edad al parto de la madre con el PN.*

Edad de la madre	Peso nacimiento (kg)	Peso al destete (kg)
2	35.30 <sup>a</sup>	213.77 <sup>a</sup>
3	35.82 <sup>a</sup>	225.87 <sup>b</sup>
4	36.10 <sup>ab</sup>	228.35 <sup>b</sup>
5	36.33 <sup>ab</sup>	233.93 <sup>b</sup>
6	36.50 <sup>b</sup>	236.10 <sup>bc</sup>
7	36.25 <sup>ab</sup>	232.63 <sup>b</sup>
8	36.95 <sup>ab</sup>	234.86 <sup>bc</sup>
9	36.26 <sup>ab</sup>	224.66 <sup>b</sup>

a,b: letras diferentes presentan diferencia estadística ( $p < 0.05$ )

En ambos casos se puede observar la misma tendencia, la cual muestra pesos más altos en los animales que paren con edades entre cuatro y ocho años. Rodríguez et al. (2009), reportaron comportamiento similar para PN en ganado Brahman. Destacaron que a pesar de que había variabilidad en algunos años, las vacas que tenían cinco años producían terneros de más pesos en comparación que animales más jóvenes o longevos.

Estas diferencias pueden deberse a que las vacas jóvenes tienen mayores requerimientos de nutrientes para su propio desarrollo y las vacas más longevas decrecen su eficiencia por el desgaste y disminución de aptitudes fisiológicas y por tanto crían terneros menos pesados que las vacas de edad intermedia.

Montes et al. (2008), mencionan que la variación del PD, según el número de partos de la vaca, puede ser atribuida a que el crecimiento predestete de los terneros depende en gran parte de la producción de leche de la madre (habilidad materna), la cual la cual es menor en vacas jóvenes principalmente en primerizas y vacas viejas de noveno y décimo parto.

En el caso del PD este fenómeno tiene explicación en el desarrollo no alcanzado por las vacas en el primer parto, por lo que los recursos dedicados a la lactación son menores, ya que según Carvajal-Hernández et al. (2002), la mayor producción de leche se alcanza entre la tercera y la quinta lactancia.

Cuando se evaluó el efecto del sexo de la cría también hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), y su comportamiento se puede observar en la tabla 5.

**TABLA 5***Comparación de sexo por característica productiva (PN), denotando diferencias estadísticas entre los mismos ( $p < 0.05$ ).*

Sexo	Peso al nacimiento (kg)	Peso al destete (kg)
H	35.860	224.962
M	36.590	233.399

Los machos al nacer pesaron 0.73 kg y al destete 8.42 kg más que las hembras, lo que representa una diferencia de 1.99 % para PN y 3.61 % para PD, respectivamente.



De acuerdo a Bavera et al. (2005), comparativamente los machos crecen más rápido que las hembras debido a la mayor potencia de los andrógenos con respecto a los estrógenos sobre la estimulación del crecimiento. El mismo autor indica que los machos consumen más alimento que las hembras por una mayor tasa metabólica, pesan al nacer entre el 5 % a 7 % más que las hembras, el largo de la gestación es de tres a cuatro días más en el macho, son más eficientes en la conversión de alimento que las hembras. Dando como resultado que, a una misma edad, el macho sea más pesado que la hembra.

Córdova et al. (2005), encontraron que, en ganado multirracial, entre los cuales se incluía la raza Charolais, el efecto del sexo fue significativo dentro de su investigación un mayor PD para machos que par hembras. Igualmente, Newman et al. (1993); Plasse et al. (1995); Melka et al. (2001) reportan resultados similares en ganado multirracial los cuales incluyen Charolais, Angus, Simmental y Hereford.

Los parámetros genéticos calculados para las variables fueron para PN  $h^2 = 0.27 \pm 0.09$  y para PD  $h^2 = 0.31 \pm 0.08$ ; en tanto los valores de repetibilidad fueron  $0.41 \pm 0.15$  para PN y  $0.33 \pm 0.15$  para PD.

Ríos-Utrera et al. (2012), reportaron una heredabilidad para PN en ganado Charolais de 0.36. Otros autores como Grotheer et al. (1997); Fernandes et al. (2002); Donoghue & Bertrand. (2004) y Phocas & Laloë (2004), pudieron determinar heredabilidades de 0.38, 0.33, 0.54, 0.55 y 0.45 en datos de esta raza en Brasil, México, Canadá y Suiza. Estos difieren de los resultados encontrados ya que las heredabilidades son más altas que en la presente investigación.

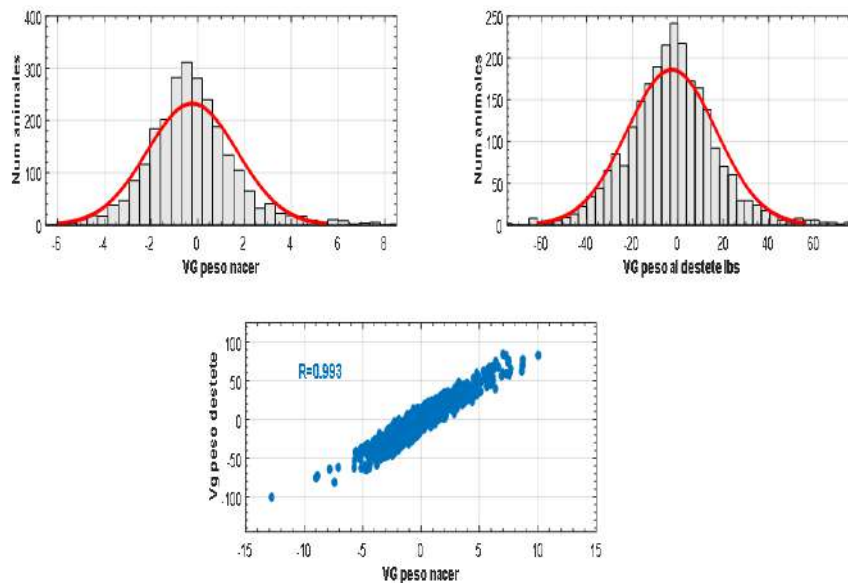
Para PD, Ríos-Utrera et al. (2012), reportaron heredabilidad de 0.27 para Charolais y Charbray, más bajo que el encontrado en la presente investigación. En tanto, Donoghue y Bertrand (2004) reportaron heredabilidades de 0.25 y 0.27 en su estudio para solamente Charolais.

Según Galeano (2019), los valores generales para PN reportados en la literatura fluctúan entre 0.25 y 0.35 y para PD son entre 0.30 y 0.40, lo cual indicaría que los valores encontrados están en el rango general. Cabe destacar que, como ya han indicado investigadores clásicos de mejora genética como Falconer & Mackay (1996), los valores encontrados en cualquier estudio de parámetros genéticos están condicionados a los datos que se utilizan y las condiciones ambientales en las que se encuentran los individuos evaluados, lo cual hace que los resultados de cada región sean válidos para esas condiciones específicas y no demeritan los valores reportados en diferentes condiciones.

A continuación, se procedió a calcular el VG para PN y PD durante los años evaluados, y la dispersión de los datos de ambos rasgos se puede observar en la parte superior de la figura 1.

**FIGURA 1**

*Evolución del VG para PN y PD y tendencia regresiva entre ambas variables.*



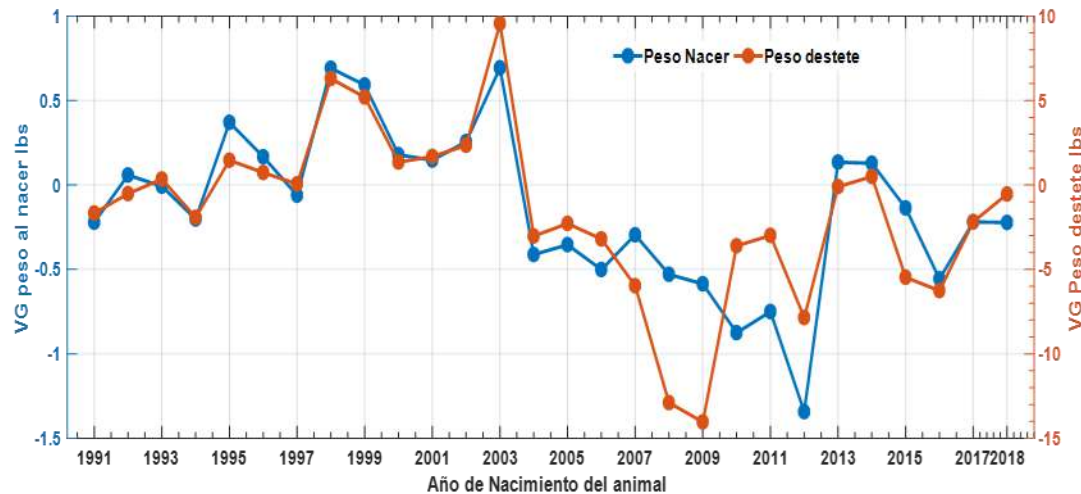
Como se observa en la parte inferior de la figura, hay una relación lineal y positiva entre ambos rasgos. Es importante destacar que el valor de correlación entre el VGE de ambos rasgos fue de  $0.70 \pm 0.12$ . Autores (Mascioli et al., 1997; Marques et al., 2000; Rodríguez et al., 2000) encontraron resultados similares a los de la presente investigación (0.60 a 0.85) en las razas Charolais, Canchim, Brahman y Simmental.

Cabe destacar que la importancia de este parámetro radica en que, para la toma de decisiones, al momento de considerar uno de los rasgos como criterio de selección, se puede comprometer la expresión del otro tal como explica en su estudio Ossa, (2003). Y la práctica más común del productor es utilizar como criterio de selección el PD, lo cual puede tener un efecto de aumentar el PN que puede comprometer la facilidad de parto de las vacas, o en caso contrario dar como resultados animales demasiado pequeños.

En la figura 2 se puede observar la tendencia que ha seguido el progreso genético en el hato evaluado para ambos rasgos, que nos presenta un comportamiento a disminuir el VGE para PN y PD.

**FIGURA 2**

*Evolución del progreso genético del hato Charolais durante los años de evaluación.*



Como se observa en esta figura, después del año 2003 el mérito genético para ambos rasgos manifestó una tendencia negativa. Otros estudios (Parra-Bracamonte et al., 2007; Martínez et al., 2009; Martínez et al., 2018) reportan comportamientos similares en hatos con ausencia de evaluaciones genéticas previas.

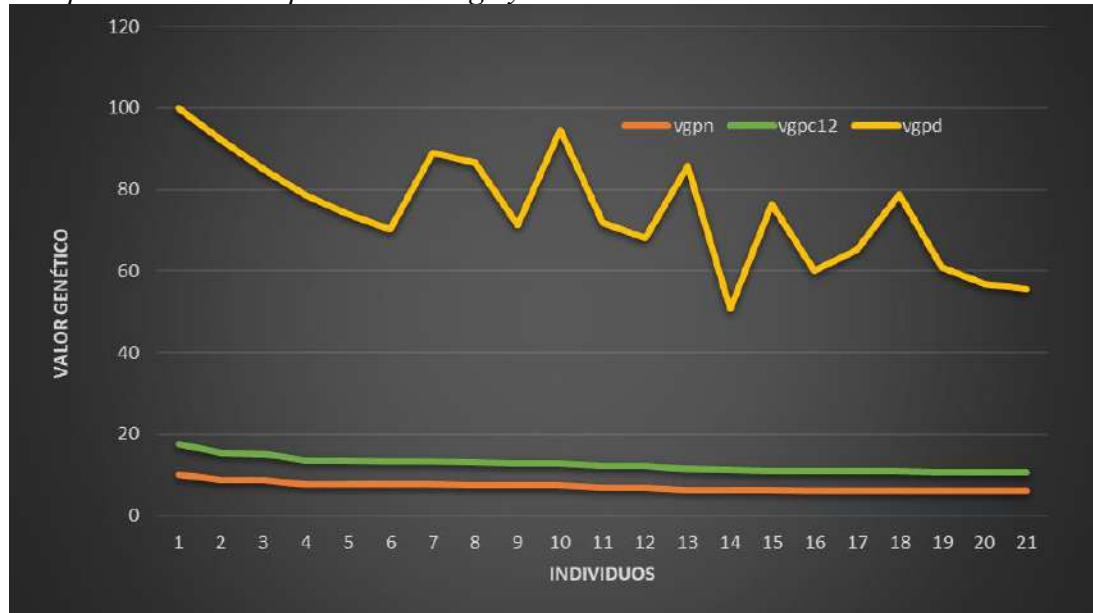
Dado que en el caso de nuestro estudio el progreso genético del hato ha ido disminuyendo drásticamente, una posible explicación pudo haber sido un inadecuado manejo del reemplazo tanto de toros como vacas lo cual influyó en el comportamiento observado.

Otra causa pudo ser el desconocimiento del valor genético al momento de seleccionar estos reemplazos. Según Galeano (2019), la selección de individuos genéticamente superiores o portadores de mejores combinaciones genéticas puede generar la pérdida de adaptación de los individuos. En la medida que la selección cambia el perfil genético de los animales hacia aquellos que generen las mejores producciones, esto genera una pérdida de combinaciones genéticas asociadas a resistencia y tolerancia al entorno; por lo que se hace fundamental la selección de animales mejorantes en el entorno en el que se van a desempeñar.

Finalmente, con el uso del ACP se construyó un índice de selección que recoge la mayor parte de la variación para ambos rasgos en un solo valor. Para corroborar esta afirmación se tomaron los mejores 21 animales de acuerdo con su VG para PN y se comparó su potencial con relación al PD y al índice combinado como se puede observar en la figura 3.

**FIGURA 3**

*Comparación del VG para cada rasgo y el índice combinado en 21 animales.*



Es importante destacar que el alto valor de correlación encontrado entre ambas variables ( $r = 0.94$ ) denota la poca posibilidad de mejora genética ya que los individuos con potencial para ambos rasgos tienden a seguir la misma tendencia cuando se evalúan por medio del índice combinado.

Cabe destacar que en la construcción de este índice se maximiza la expresión biológica más que la económica, tal como explican los artículos de Guerra et al., (2018), en ganado de leche y otros en carne como los de Palacios-Espinosa et al. (2019) y Menéndez-Buxadera et al. (2022).

A pesar de que según la literatura al respecto (Montes et al., 2008; Ossa et al., 2002), se tiende a seleccionar mediante índices que logren animales con menor PN y maximicen el PD, en este caso no se consideró este factor debido a que como se presenta en los análisis de factores ambientales, los PN en las condiciones de estudio se encuentran por debajo de los rangos considerados normales para la raza; además que se adolece de estudios en la zona donde se desarrolló la investigación que indiquen un efecto negativo del PN en la eficiencia reproductiva, salud de la cría o la vaca al momento del parto, lo cual según múltiples estudios (Bellows et al., 1996; Gutiérrez et al., 2007; Jamrozik y Miller, 2014) es la razón principal de utilizar el PN bajo como un criterio de selección.

Como se observa en la figura 4, la tendencia genética a través de los años, tomando en cuenta los valores del índice obtenido mediante ACP, muestra una respuesta muy similar para las tres variables.

**FIGURA 4**

*Evolución del progreso genético del hato Charolais durante los años de evaluación incluyendo el índice combinado.*



Éste evidentemente es un resultado importante y a la vez que debe ser motivo de alarma para esta región, ya que como se dijo antes, es el hecho de que hubo momentos que el mérito genético para todos los rasgos tendió a ser negativo como se explicó en otra sección de los resultados previamente, lo que hace imperante la necesidad de hacer una selección más precisa y tomando en cuenta las características de la población.

En este contexto es importante destacar la poca disponibilidad de estudios relacionados a estos tópicos en Panamá que pudiesen utilizarse para detectar las causas de estos valores y que son un llamado de atención a la necesidad de este tipo de evaluaciones con aras a la mejora genética y por ende productiva de los hatos bovinos de carne de esta región.

## CONCLUSIONES

Se concluye que a pesar de que los parámetros genéticos reportados se mantienen dentro de los valores descritos en la literatura, la poca mejora genética lograda en las condiciones tropicales de Panamá indica la necesidad de desarrollar programas de evaluación genética en condiciones propias y con criterios de selección claros que permitan una mayor productividad para esta raza que puede ser una alternativa para producir carne de calidad.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento por parte del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de Panamá, y el apoyo logístico de la Universidad de Panamá – Facultad de Ciencias Agropecuarias. De igual manera se agradece a los productores de carne bovina que facilitaron los datos de las fincas para los análisis realizados.





## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Amaya, A., Martínez, R., & Cerón-Muñoz, M. (2021). Selection indexes using principal component analysis for reproductive, beef & milk traits in Simmental cattle. *Tropical Animal Health & Production*, 53(3), 378.
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A. (2005). Crecimiento, Desarrollo Y Precocidad Conceptos De Crecimiento Y Desarrollo Animal. Cursos de Producción Bovina de Carne, 1-11.
- Bellows, A., Genho, C., Moore, A., & Chase Jr, C. (1996). Factors affecting dystocia in Brahman-cross heifers in subtropical southeastern United States. *Journal of Animal Science*, 74(7), 1451-1456.
- Carvajal-Hernández, M., Valencia-Heredia, E., & Segura-Correa, J. (2002). Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica*, 13(1), 25-31.
- Córdova, A., Rodríguez, G., Córdova, M., Córdova, C., & Pérez, J. (2005). Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en trópico húmedo. *Revista MVZ Córdoba*, 10(1), 589-592.
- Domínguez-Viveros, J., Rodríguez-Almeida, F., Callejas-Juárez N., Aguilar-Palma, N., & Ortega-Gutiérrez, J. (2018). Construcción de un índice de selección para rasgos de comportamiento en toros de lidia. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(4), 636-645.
- Donoghue, A., & Bertrand, K. (2004). Investigation of genotype by country interactions for growth traits for Charolais populations in Australia, Canada, New Zealand and USA. *Livestock Production Science*, 85(2-3), 129-137
- Falconer, D., & Mackay, T. (1996). Introducción a la Genética Cuantitativa. 4 edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 469p.
- Fernandes, D., Ferreira, B., & Rorato, N. (2002). Tendências e parâmetros genéticos para características pré-desmama em bovinos da raça Charolês criados no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 321-330.
- Galeano, A. (2019). Mejoramiento Genético Animal (Sello Editorial UNAD, Ed.; 1st ed.). <https://doi.org/10.22490/notas.3472>
- Grotheer, V., Röhe, R., & Kalm, E. (1997). Entwicklung einer zuchtwertschätzung für fleischrinder in Deutschland. 2. Mitteilung: Schätzung genetischer parameter. *Züchtungskunde*, 69, 349-365.



- Guerra, R., Hernández A., & Menéndez-Buxadera, A. (2018). Componentes de varianza genética para producción de leche y tolerancia a cambios de temperatura ambiental en vacas Holstein en Chiriquí, Panamá. *Livestock Research for Rural Development*, 30(210).
- Gutiérrez, P., Goyache, F., Fernández, I., Álvarez, I., & Royo, J. (2007). Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. *Journal of Animal Science*, 85(1), 69-75.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson R. (2010). *Multivariate Data Analysis*. 7a ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá IMHPA (2025). Condiciones Meteorológicas de Panamá. Disponible en <https://www.imhpa.gob.pa/es/estaciones-meteorologicas>.
- Jamrozik, J., & Miller, P. (2014). Genetic evaluation of calving ease in Canadian Simmentals using birth weight and gestation length as correlated traits. *Livestock Science*, 162, 42-49.
- Kaiser, H. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational & Psychological Measurement*, 20(1), 141-151.
- Loaiza, A. (2011). Crianza de becerros. INIFAP, Folleto Técnico # 5, pp 11–16.
- Marques, A., Pereira, J., Oliveira, D., Silva, A., & Bergmann, G. (2000). Análise de características de crescimento da raça Simental. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 52, 527-533.
- Martínez, R., Onofre, G., & Polanco, N. (2009). Parámetros genéticos y tendencias para características de crecimiento en el ganado criollo sanmartinero en los Llanos Orientales de Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(2), 196-204.
- Martínez-Rocha, R., Ramírez-Valverde, R., Núñez-Domínguez, R., & García-Muñiz, J. (2018). Parámetros y tendencias genéticas de variables de crecimiento para bovinos Romosinuano en México. *Nova Scientia*, 10(21), 310-325.
- Mascioli, A., De Paz, P., & El Faro, L. (1997). Estimativas de parámetros genéticos e fenotípicos para características de crecimiento ate a desmama em bovinos da raza Canchim. *Revista Brasileira do Zootecnia*, 26(4), 709-713.
- MathWorks. (2018). MATLAB Documentation. Disponible en <https://la.mathworks.com/help/matlab/index.html>
- Melka, D. (2001). Genetic parameter estimates for weaning traits in a multibreed beef cattle population. MSc Thesis: University of Stellenbosch. Disponible en <https://agris.fao.org/search/en/providers/124740/records/67053faab1dfe472e1468c9e>
- Menéndez-Buxadera, A., More-Montoya, M., Gutiérrez-Reynoso G., & Galván-Cavero, G. (2022). Interacción genotipo ambiente en estrés térmico y producción de leche en vacas Holstein en la región de lima, Perú. *Anales Científicos*, 83(2), 160-174.



- Miranda, J., Samudio, A., Cedeño, H., Vargas, R., & Guerra, R. (2024). Factores ambientales y su influencia en el peso al nacimiento y destete de bovinos Charolais. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 7(1), 33-44.
- Montes, D., Vergara, O., Prieto, E., & Rodríguez, A. (2008). Estimación de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza brahman. *Revista MVZ Córdoba*, 13(1), 1184-1191.
- Newman, S., MacNeil, D., Reynolds, L., Knapp, W., & Urick, J. (1993). Fixed effects in the formation of a composite line of beef cattle: II. Pre-and postweaning growth and carcass composition. *Journal of Animal Science*, 71(8), 2033-2039.
- Ossa, A. (2003). Mejoramiento genético aplicado a los sistemas de producción de carne (No. Doc. 20568) CO-BAC, Santafé de Bogotá).
- Ossa, A., Moreno, F., Manrique, C., Tobón, C., Pérez, J., Tarazona, G., & Maldonado, C. (2002). El mejoramiento genético como instrumento de eficiencia en una empresa de producción bovina. *Corpoica*. 8.
- Palacios-Espinosa, A., Espinoza-Villavicencio, J., & Menéndez-Buxadera, A. (2019). Parámetros genéticos para peso al destete y rasgos reproductivos en ganado cebú de Cuba. *Nova Scientia*, 11(22), 1-25.
- Parra-Bracamonte, G., Martínez-González, J., García-Esquivel, F., González-Reyna, A., Briones-Encinia F., & Cienfuegos-Rivas, E. (2007). Tendencias Genéticas y Fenotípicas de Características de Crecimiento en el Ganado Brahman de Registro de México. *Revista Científica*, 17(3), 262-267.
- Phocas, F. & Laloë, D. (2004). Genetic parameters for birth and weaning traits in French specialized beef cattle breeds. *Livestock Production Science*, 89(2-3), 121-128.
- Ríos-Utrera, Á., Martínez Velázquez, G., Vega Murillo, V. E., & Montaña Bermúdez, M. (2012). Efectos genéticos para características de crecimiento de bovinos Charolais y Charbray mexicanos estimados con modelos alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(3), 275-290.
- Plasse, D., Fossi, H., Hoogesteijn, R., Verde, O., Rodriguez, R., Rodríguez, M., & Bastidas, P. (1995). Growth of F1Bos taurus× Bos indicus versus Bos indicus beef cattle in Venezuela. Weights at birth, weaning and 18 months. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 112(1-6), 117-132.
- Rodríguez, L., Guerra, D., Rizo, S., Planas, T., & Ramos, F. (2000). Factores genéticos y ambientales que afectan el comportamiento de los rasgos de crecimiento en machos de la raza Charolais. I Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal. La Habana, Cuba, 348-353.
- Rodríguez, Y., Martínez, G., & Galíndez, R. (2009). Factores no genéticos y parámetros genéticos de peso al nacer a las 24 horas y al destete de bovinos. *Zootecnia Tropical*, 27(3), 289-300.



## Implications on the management of the weedy rice (*Oryza* spp.): a silent enemy

## Implicaciones en manejo del arroz maleza (*Oryza* spp.): un enemigo silencioso

\*Dustin Moreno-Serrano. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[dustin.moreno@up.ac.pa](mailto:dustin.moreno@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0001-9134-2222>

Einar Castillo. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[einar-s.castillo@up.ac.pa](mailto:einar-s.castillo@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0009-4222-1462>

Alex Rios-Moreno. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[alex.morenom@up.ac.pa](mailto:alex.morenom@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>

\*Autor de Correspondencia: [dustin.moreno@up.ac.pa](mailto:dustin.moreno@up.ac.pa)

Recibido: 16/10/2025

Aceptado: 21/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8822>

**ABSTRACT.** Weedy rice (*Oryza* spp.), a specific weed of cultivated rice, is one of the most damaging and important weeds in rice production systems worldwide. Its high genetic similarity to commercial rice makes its control challenging. This review examines the implications of weedy rice management, focusing on the evolution and spread of herbicide resistance. The introduction of imidazolinone-resistant rice (Group 2) (Clearfield® technology) initially offered effective control. However, over-reliance on this technology has led to the evolution of resistant weedy rice biotypes through gene flow and selection pressure, as documented in numerous countries. In response, the Provisia™ rice system, resistant to the ACCase-inhibiting herbicide quizalofop (Group 1), has been introduced as an alternative for controlling weedy rice and other weeds, primarily from the Poaceae family. This work emphasizes the sustainable management of this weed as a set of strategies that combine these technologies with crop rotation, diverse modes of action, and the reduction of the soil seed bank to decrease the evolution of herbicide resistance and ensure viability in rice production.

**KEYWORDS:** gene flow, herbicide, imidazolinone, resistance.

**RESUMEN.** El arroz maleza (*Oryza* spp.), una maleza conspecífica del arroz cultivado, una de las más dañinas e importantes en los sistemas de producción de arroz a nivel mundial. Su alta similitud genética con el arroz comercial hace que su control sea desafiante. Esta revisión examina las implicaciones del manejo del arroz maleza, centrándose en la evolución y propagación de la resistencia a herbicidas. La introducción del arroz resistente a imidazolinonas (Grupo 2) (tecnología Clearfield®) inicialmente ofreció un control eficaz. Sin embargo, la dependencia excesiva de esta única herramienta ha llevado a la evolución de biotipos de arroz maleza resistente mediante flujo génico y presión de selección, como se ha documentado en numerosos países. En respuesta, el sistema de arroz Provisia™, resistente al herbicida inhibidor de ACCasa, quizalofop (Grupo 1), ha sido introducido como alternativa al control del arroz maleza y otras malezas de la familia Poaceae principalmente. Este trabajo enfatiza el manejo sostenible de esta maleza como un conjunto de estrategias que combinen estas tecnologías con rotación de cultivos, diversos modos de acción y la disminución del banco de semillas para ralentizar la evolución de resistencia y asegurar la viabilidad en la producción arrocería.

**PALABRAS CLAVE:** flujo génico, herbicida, imidazolinonas, resistencia.

## INTRODUCTION

Rice is one of the most important crops in the world and is widely cultivated in tropical countries (Chirinda et al., 2018). It is considered in several regions as a highly priority crop for food security, and even governments promote its production. These regions include, but are not limited to, India, China, the southern United States, Southern America, and Central America (Muthayya et al., 2014). However, its production is being limited by different pests, where weeds are one of the most important due to their potential to cause high yield losses (Oerke, 2006). Weeds are the main constraint due to their ability to quickly establish, adapt, and compete for essential resources, including water, nutrients, light, and space, ultimately reducing yield (Moreno-Serrano et al., 2024).

Nonetheless, weedy rice is one of the most important weeds in almost all rice production regions. Its presence in rice production systems results in significant yield losses and a reduction in commercial grain quality due to contamination (Kaloumenos et al., 2013). Yield losses from weedy rice infestation can vary from 5 to 100 % in the worst-case scenario (Sudianto et al., 2013). Its importance in rice production systems is because of the genetic similarity with cultivated rice (*Oryza sativa*), which makes it highly difficult to control in commercial rice systems.

## MATERIALS AND METHODS

The review was conducted through an intensive search of existing literature, from which key aspects regarding herbicide resistance and the management of weedy rice biotypes, as well as their impacts on agriculture, were extracted. The methodology for selecting information involved exploration, screening, critical analysis, and interpretation of relevant literature.

## RESULTS AND DISCUSSION

Weedy rice and cultivated rice are currently classified as the same species, *Oryza sativa*, and share a high degree of genetic similarity. This makes weedy rice difficult to distinguish at early growth stages and complicates its control using selective herbicides in rice production (Kaloumenos et al., 2013). In early 2000, rice production systems were revolutionized by the introduction of imidazolinone-resistant rice (Clearfield® rice) (Sudianto et al., 2013). Clearfield® rice was developed in the USA by the Louisiana State University (LSU) through the induction of chemical mutagenesis, which led to a mutation in the acetolactate synthase (ALS), also called acetohydroxyacid synthase (AHAS) (Avila et al., 2005; Shivrain et al., 2009). ALS enzyme is responsible for the biosynthesis of branched-chain amino acids (valine, leucine, and isoleucine) in plants. Without these amino acids, plants can grow and eventually die because of their inability to synthesize proteins that are essential for cell division (Dayan, 2019).

Therefore, the mutation in the ALS gene in Clearfield® rice led to resistance to imazethapyr (Group 2), a potent ALS inhibitor used to control a wide spectrum of problematic weeds such as (*Echinochloa crus-galli* (L.), *Digitaria* spp, *Cyperus iria*, *Cyperus rotundus*, and others), without compromising the normal growth or productivity of the Clearfield® rice (Bzour et al., 2018).



Additionally, Clearfield® technology continues to be used in rice production systems because its soil and foliar activity provide extended, season-long weed control (de Avila et al., 2021). It is a safe product because it does not contain any microbial transgene, hence it is not considered a genetically modified crop. In addition, it is harmless to animals since the ALS biosynthetic pathway is only present in plants and some bacteria (Zhou et al., 2007). Even though Clearfield® technology offers important benefits, reliance on this system as the primary strategy for weed control has promoted the evolution of imidazolinone-resistant weedy rice biotypes in many rice-growing regions (Table 1).

**Table 1**

*Summarizes documented cases of weedy rice resistance to imidazolinone herbicides (Group 2) across several rice-growing countries. No elucidated (NE), Target Site-Resistance (TSR).*

Country	Herbicide	Group	Chemical Family	Resistance Mechanism	Specie	Source
Argentina	Imazapic Imazapyr Imazethapyr	2	Imidazolinones	NE	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Presotto et al., (2024)
Brazil	Imazethapyr Imazapic	2	Imidazolinones	NE	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Menezes et al., (2009)
Colombia	Imazamox Imazapyr	2	Imidazolinones	NE	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Velásquez et al., (2020)
Greece	Imazamox Imazethapyr	2	Imidazolinones	TSR	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Kaloumenos et al., (2013)
Italy	Imazamox	2	Imidazolinones	TSR	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Scarabel et al., (2012)
Malaysia	Imazapic Imazapyr	2	Imidazolinones	NE	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Dilipkumar et al., (2018)
Turkey	Imazamox	2	Imidazolinones	TSR	<i>O. sativa var. Sylvatica</i>	Unan et al., (2024) Rajguru et al., (2005) Shivrain et al., (2006) Sales et al., (2008) Kuk et al., (2008)
United States	Imazethapyr	2	Imidazolinones	TSR	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	
Costa Rica	Imazapyr Imazapic	2	Imidazolinones	NE	<i>O. sativa var. sylvatica</i>	Heap, (2025)





This resistance has been attributed mainly to gene flow from Clearfield® cultivars, resulting in an exponential increase in the weedy rice seedbank (Merotto et al., 2016; Chiapinotto et al., 2024). This situation led to the implementation of new strategies for weed control that are mainly oriented to reduce the size of the soil seedbank to delay the evolution of multiple herbicide resistance, as well as crop rotation including soybeans (*Glycine max*), corn (*Zea mays*), and others (Beckie & Harker, 2017).

However, a new alternative was released a few years ago by BASF (Provisia™) as an alternative to reduce imidazolinone resistance weedy and grassy biotypes. Provisia™ rice technology was developed by the induction of a mutation in the Acetyl CoA carboxylase (ACCase gene), which confers a high resistance level to the Aryloxyphenoxypropionate herbicide Quizalofop-ethyl (quizalofop) (Camacho et al., 2019). Due to the graminicide activity of all ACCase inhibitor herbicides, Provisia™ could be used as a transitional technology to delay multiple herbicide resistance. On the other hand, recommendations should be considered, such as efficient doses, crop rotation (rice-soybean-corn) or others, the use of different herbicide modes of action, and potentially reducing seedbank strategies (false seedbed).

In addition, the use of herbicides with different modes of action can also be a challenge due to the antagonism between quizalofop and other herbicides; therefore, some studies can be conducted to determine the efficacy of herbicide mixtures without compromising the weed control (Barbieri et al., 2022). Another consideration to avoid the same situation as Clearfield® is the recurrent use of this technology as a unique weed control tool, because in rice systems, hybridization can occur even if it is less than 1% where physical and biological factors play an important role. It occurs because rice has hermaphrodite flowers, but the pollen grains appear at anthesis and can be transferred by the wind to weedy rice plants (Jiang et al., 2012).

## CONCLUSION

Weedy rice remains a significant and constant threat due to its close genetic proximity to cultivated rice. Clearfield® technology represented a significant advance in its control, but its intensive use has, in many cases, accelerated the selection of resistant rice biotypes, thereby compromising its long-term effectiveness. The recent emergence of Provisia™ technology offers a valuable alternative for weedy rice control, providing a tool for managing populations that have evolved resistance to imidazolinones (Group 2). However, the history of Clearfield® serves as a cautionary tale: no single technology is a permanent solution.

Sustainable weedy rice management depends on the implementation of Integrated Weed Management (IWM) strategies. These should include rotating chemical technologies such as those mentioned above, using herbicides with different target sites, crop rotation with other species that facilitate the identification and management of weedy rice biotypes, and cultural practices aimed at reducing the soil seed bank. Future research should be focused on the correct identification of resistant biotypes to disrupt ecological dynamics and act in time to decrease the emergence of other resistant biotypes, thus protecting the productivity and sustainability of rice systems.



## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

## REFERENCES

- Avila, L. A., Lee, D. J., Senseman, S. A., McCauley, G. N., Chandler, J. M., & Cothren, J. T. (2005). Assessment of acetolactate synthase (ALS) tolerance to imazethapyr in red rice ecotypes (*Oryza spp*) and imidazolinone tolerant/resistant rice (*Oryza sativa*) varieties. *Pest Management Science*, 61(2), 171-178.
- Barbieri, G. F., Young, B. G., Dayan, F. E., Streibig, J. C., Takano, H. K., Merotto Jr., A., & Avila, L. A. (2022). Herbicide mixtures: interactions and modeling. *Advances in Weed Science*, 40(spe1), e020220075. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five011>
- Beckie, H. J., & Harker, K. N. (2017). Our top 10 herbicide-resistant weed management practices. *Pest Management Science*, 73(6), 1045-1052.
- Bzour, M. I., Zuki, F. M., & Mispan, M. S. (2018). Introduction of imidazolinone herbicide and Clearfield® rice between weedy rice—control efficiency and environmental concerns. *Environmental Reviews*, 26(2), 181-198.
- Camacho, J. R., Linscombe, S. D., Sanabria, Y., Mosquera, P. A., & Oard, J. H. (2019). Inheritance of Provisia™ rice resistance to quizalofop-p-ethyl under laboratory and greenhouse environments. *Euphytica*, 215(83), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2407-4>
- Chiapinotto, D. M., Avila, L. A., Agostinetto, D., Schaedler, C. E., Aranha, B. C., Viana, V. E., & Camargo, E. R. (2024). From the Clearfield® to the Provisia™ system for rice production: Challenges and management opportunities. *Advances in Weed Science*, 42, e020242042.
- Chirinda, N., Arenas, L., Katto, M., Loaiza, S., Correa, F., Ishii, T., Isthitani, M., Loboguerrero, A. M., Martínez-Barón, D., Graterol, E., Jaramillo, S., Torres, C. F., Arango, M., Guzmán, M., Avila, I., Hube, S., Kurtz, D. B., Zorrilla, G., Terra, J., Irisarri, P., Tarlera, S., LaHue, G., Bueno-Scivittaro, W., Noguera, A., & Bayer, C. (2018). Sustainable and low greenhouse gas emitting rice production in Latin America and the Caribbean: A review on the transition from ideality to reality. *Sustainability*, 10(3), 671. <https://doi.org/10.3390/su10030671>
- Dayan, F. E. (2019). Current status and future prospects in herbicide discovery. *Plants*, 8(9), 341. <https://doi.org/10.3390/plants8090341>
- de Avila, L. A., Marchesan, E., Camargo, E. R., Merotto Jr, A., Ulguim, A. R., Noldin, J. A., & Markus, C. (2021). Eighteen years of Clearfield™ rice in Brazil: what have we learned? *Weed Science*, 69(5), 585-597.



- Dilipkumar, M., Burgos, N. R., Chuah, T. S., & Ismail, S. (2018). Cross-resistance to imazapic and imazapyr in a weedy rice (*Oryza sativa*) biotype found in Malaysia. *Planta Daninha*, 36, e018182239.
- Heap, I. (2025). International Herbicide-Resistant Weed Database. Retrieved November 2025, from <http://www.weedscience.org>
- Jiang, Z., Xia, H., Basso, B., & Lu, B. R. (2012). Introgression from cultivated rice influences genetic differentiation of weedy rice populations at a local spatial scale. *Theoretical and Applied Genetics*, 124(2), 309-322.
- Kaloumenos, N. S., Capote, N., Aguado, A., & Eleftherohorinos, I. G. (2013). Red rice (*Oryza sativa*) cross-resistance to imidazolinone herbicides used in resistant rice cultivars grown in northern Greece. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 105(3), 177-183. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.01.008>
- Kuk, Y. I., Burgos, N. R., & Shivrain, V. K. (2008). Natural tolerance to imazethapyr in red rice (*Oryza sativa*). *Weed Science*, 56(1), 1-11. <https://doi.org/10.1614/WS-07-073.1>
- Menezes, V. G., Mariot, C. H. P., Kalsing, A., & Goulart, I. C. (2009). Red rice (*Oryza sativa*) resistant to the herbicides imidazolinones. *Planta Daninha*, 27(4), 1047-1052.
- Merotto, A. J. R., Goulart, I. C. G. R., Nunes, A. L., Kalsing, A., Markus, C., Menezes, V. G., & Wander, A. E. (2016). Evolutionary and social consequences of introgression of nontransgenic herbicide resistance from rice to weedy rice in Brazil. *Evolutionary Applications*, 9(7), 837-846. <https://doi.org/10.1111/eva.12387>
- Moreno-Serrano, D., Gaines, T. A., & Dayan, F. E. (2024). Current status of auxin-mimic herbicides. *Outlooks on Pest Management*, 35(3), 105-112.
- Muthayya, S., Sugimoto, J. D., Montgomery, S., & Maberly, G. F. (2014). An overview of global rice production, supply, trade, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1324(1), 7-14. <https://doi.org/10.1111/nyas.12540>
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Presotto, A., Hernández, F., Vercellino, R. B., Kruger, R. D., Fontana, M. L., Ureta, M. S., & Caicedo, A. (2024). Introgression from local cultivars is a driver of agricultural adaptation in Argentinian weedy rice. *Molecular Ecology*, 33(11), e17368. <https://doi.org/10.1111/mec.17368>
- Rajguru, S. N., Burgos, N. R., Shivrain, V. K., & Stewart, J. M. (2005). Mutations in the red rice ALS gene associated with resistance to imazethapyr. *Weed Science*, 53(5), 567-577. <https://doi.org/10.1614/WS-04-111R1.1>



- Sales, M. A., Shivrain, V. K., Burgos, N. R., & Kuk, Y. I. (2008). Amino acid substitutions in the acetolactate synthase gene of red rice (*Oryza sativa*) confer resistance to imazethapyr. *Weed Science*, 56(4), 485-489. <https://doi.org/10.1614/WS-07-165.1>
- Scarabel, L., Cenghialta, C., Manuello, D., & Sattin, M. (2012). Monitoring and management of imidazolinone-resistant red rice (*Oryza sativa* L., var. *sylvatica*) in Clearfield® Italian paddy rice. *Agronomy*, 2(4), 371-383. <https://doi.org/10.3390/agronomy2040371>
- Shivrain, V. K., Burgos, N. R., Moldenhauer, K. A. K., McNew, R. W., & Baldwin, T. L. (2006). Characterization of spontaneous crosses between Clearfield rice (*Oryza sativa*) and red rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology*, 20(3), 576-584. <https://doi.org/10.1614/WT-05-067R1.1>
- Shivrain, V. K., Burgos, N. R., Gealy, D. R., Smith, K. L., Scott, R. C., Mauromoustakos, A., & Black, H. (2009). Red rice (*Oryza sativa*) emergence characteristics and influence on rice yield at different planting dates. *Weed Science*, 57(1), 94-102.
- Sudianto, E., Beng-Kah, S., Ting-Xiang, N., Saldain, N. E., Scott, R. C., & Burgos, N. R. (2013). Clearfield® rice: Its development, success, and key challenges on a global perspective. *Crop Protection*, 49, 40-51.
- Unan, R., Azapoglu, O., Deligoz, I., Mennan, H., & Al-Khatib, K. (2024). Gene flow and spontaneous mutations are responsible for imidazolinone herbicide-resistant weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 198, 105746. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105746>
- Velásquez R., J. C., Hoyos, V., & Plaza, G. (2020). Resistance Colombian weedy rice morphotype to formulate mix of imazamox + imazapir report. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13891.14883>
- Zhou, Q., Liu, W., Zhang, Y., & Liu, K. K. (2007). Action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89(2), 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2007.04.004>



## Inteligencia artificial en los agronegocios como herramienta de innovación y desarrollo en Colombia: artículo de revisión

### Artificial intelligence in agribusiness as a tool for innovation and development in Colombia: review article

\* *Laura Álvarez - Palomino*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA, Colombia.  
[alvarez.laura2@uniagraria.edu.co](mailto:alvarez.laura2@uniagraria.edu.co) <https://orcid.org/0000-0002-7707-2817>

*Jeimy Lugo - Pinto*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA, Colombia.  
[lugo.jeimy@uniagraria.edu.co](mailto:lugo.jeimy@uniagraria.edu.co) <https://orcid.org/0009-0000-5570-6279>

*Julio Franco - Ortega*. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA, Colombia.  
[franco.julio@uniagraria.edu.co](mailto:franco.julio@uniagraria.edu.co) <https://orcid.org/0000-0002-3836-8535>

\*Autor de Correspondencia: [alvarez.laura2@uniagraria.edu.co](mailto:alvarez.laura2@uniagraria.edu.co)

Recibido: 04/03/2025

Aceptado: 12/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8824>

**RESUMEN.** El desarrollo de los agronegocios enfrenta desafíos clave en la economía global, enmarcados en la seguridad alimentaria, innovación, optimización de recursos y sostenibilidad. La creciente demografía en los territorios involucra un aumento en la demanda de alimentos que sumado a la escasez en la mano de obra en el campo han impulsado la necesidad de tecnificación en los procesos para mejorar la rentabilidad y competitividad de las empresas agropecuarias. Se considera que la IA, es una herramienta innovadora de transformación para las producciones agropecuarias que ayuda a facilitar la tomar decisiones más informadas, deseadas y escalables, creando métodos esenciales para una mejor asignación y uso de recursos para el desarrollo de la economía rural. El presente artículo de revisión examina el estado actual de la investigación sobre el uso y aplicabilidad de la inteligencia artificial en los agronegocios, teniendo como base el análisis sistemático de literatura en el área, derivada de fuentes bibliográficas y bases de datos especializadas. Los resultados presentan que el uso de la IA en los agronegocios como tecnología innovadora, se está introduciendo de manera gradual, logrando transformar procesos tradicionales y facilitando la gestión de decisiones eficientes, es una herramienta de alto valor, con la capacidad de promover un enfoque inclusivo, participativo y dinámico en el país, logrando el desarrollo de nuevas y asertivas estrategias que con el uso continuo mejoran los modelos de producción y garantiza la rentabilidad y sostenibilidad de las empresas agropecuarias.

**PALABRAS CLAVE:** desarrollo agropecuario, empresa, sostenibilidad, tecnología.

**ABSTRACT.** Agribusiness development faces key challenges in the global economy, framed in food security, innovation, resource optimization and sustainability. The growing demographics in the territories involve an increase in the demand for food, which, together with the shortage of labor in the field, has driven the need for technification in the processes to improve the competitiveness and profitability of agricultural enterprises. AI is considered to be an innovative transformation tool for agricultural production that helps facilitate more informed, desirable and scalable decisions, creating essential methods for better allocation and use of resources for the development of the rural economy. This review article examines the current state of research on the use and application of artificial intelligence in agribusiness, based on a systematic analysis of literature in the area, derived from bibliographic sources and specialized databases. The results show that the use of AI in agribusiness as an innovative technology is being introduced gradually, managing to transform traditional processes and facilitating the management of efficient decisions. It is a high-value tool, with the ability to promote an inclusive, participatory and dynamic approach in the country, achieving the development of new and assertive strategies that with continuous use improve production models and ensure the profitability and sustainability of agricultural enterprises.

**KEYWORDS:** agricultural development, enterprise, sustainability, technology.

## INTRODUCCIÓN

Las tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) están siendo adoptadas e implementadas en el sector agrícola y agroindustrial a nivel mundial (Hernández Salazar et al.,



2024), generando oportunidades para soluciones innovadoras que no solo avancen en la automatización de procesos, sino que también aumenten la eficiencia de los agronegocios y contribuyan a su desarrollo sostenible (Herrera Cardoso et al., 2024).

La industria agrícola está sufriendo grandes transiciones y desafíos, como la falta de disponibilidad tecnológica, la urbanización, la escasez de trabajadores, el calentamiento global, entre otros, que afectan la producción agrícola y las limitaciones de recursos (Sansone, 2024). Estas dificultades, no obstante, hacen que la demanda de alimentos y de todos los demás productos básicos se convierta en la principal necesidad, impulsando la automatización en la agricultura. Para ello, se construye un conocimiento del sistema para llenar el vacío de investigación en los sistemas de visión artificial y algoritmos de inteligencia artificial para resolver los problemas del sector industrial (Dhanush et al., 2023).

Como empresas tradicionales, los negocios agroindustriales luchan enormemente al someterse a la transformación digital, como tener recursos de capital limitados e insuficiente mano de obra calificada. Por lo tanto, es significativo explicar cómo la transformación digital influye en la innovación en la agroindustria (Zhou et al., 2024). La transición digital de los negocios agroindustriales alivia la presión financiera para que las empresas minimicen los costos operativos mientras acceden a más subvenciones gubernamentales, lo que lleva a la innovación en los agronegocios (Vanoni Martínez & Omaña Guerrero, 2024).

El agronegocio en América Latina se ha presentado como un puente eficaz entre grandes y pequeños productores que ha permitido el acceso a mercados enfocados en el consumidor final desde un enfoque vertical y horizontal, integrando de manera sostenible la producción primaria hasta la comercialización (De Salvo et al., 2025), evitando el detrimento de los modelos de sustento de sus actores y unido a procesos análogos que le permiten al productor rural y/o a las empresas agropecuarias proceder competitivamente en sintonía con la legislación aplicable de la big data, logrando así regulación en los procesos y potencializando la seguridad de los datos (Fernández, 2020).

La sostenibilidad en la agricultura debe garantizar la seguridad alimentaria a nivel mundial, al tiempo que facilitar la promoción de ecosistemas fuertes, apoyando la optimización del uso de los recursos naturales, en este sentido, la IA se puede utilizar para analizar características de agua, suelo y cultivos mediante big data, procesamiento de imágenes y otras técnicas (Sánchez et al., 2022). Esto sienta las bases conceptuales para el análisis de publicaciones sobre la investigación de la IA aplicada en la agricultura sostenible.

Con base en lo citado anteriormente, el presente análisis se justifica en la exploración de información e investigación de la adopción de las herramientas de Inteligencia Artificial en los agronegocios como promotor de innovación y desarrollo, que pueda ser aplicado al contexto del sector agropecuario en Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODO





Para la obtención de información aplicada, se realizó una búsqueda exhaustiva de bibliografía a través de bases de datos especializadas, basada en la metodología de estudio de ecuaciones booleanas (AND, OR, NOT) utilizando como términos principales “inteligencia artificial”, “agronegocios”, “innovación” y “producción agropecuaria”, que permitiera la agrupación y centralización de la información.

Se priorizó la información actualizada a un máximo de cinco años, estableciéndose un rango de búsqueda entre los años 2020 a 2025, considerando investigaciones en el idioma español e inglés. La población se basó en 60 documentos, de donde se seleccionaron estudios con metodología clara y resultados contrastables en el tema, excluyendo aquellos que no poseían criterios aplicables a la investigación, resultando una muestra estratificada de 44 documentos.

Finalmente, la bibliografía fue analizada en función de su contribución al tema de la aplicabilidad de la inteligencia artificial en los agronegocios, como factor de innovación y desarrollo a los modelos de producción del sector agropecuario en Colombia.

## RESULTADOS

La tecnología innovadora de la inteligencia artificial (IA) es una rama de la informática que se basa en la creación de programas y sistemas neuronales con la capacidad de ejecutar tareas que generalmente requiere de la inteligencia humana, dentro de sus propósitos se pueden citar el aumento de la eficiencia y la precisión de procesos (Porcelli, 2020), sin embargo, el uso de herramientas innovadoras como esta, ha generado múltiples temores; quizá el mayor de ellos es el que su uso pueda reemplazar y desplazar a los humanos de sus empleos, generando una brecha de desigualdad operativa (Mosqueda, 2024). Estudios realizados en el área, soportan que el uso de la IA en entornos laborales establece la posibilidad de que el 50 % de los empleos sean delegados por esta tecnología en las próximas dos décadas debido a la posibilidad de adaptación y automatización de los procesos laborales (García et al., 2025).

Desde el modelo de producción agropecuario, entendiéndose este como los modelos necesarios para preservar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental, surgen los procesos encaminados al ejercicio económico desde la producción primaria hasta los modelos de transformación y disposición al consumidor final, mediante una cadena de valor, a través de la adaptación de tecnologías a fin de mejorar la relación costo – beneficio, este modelo se le conoce como agronegocio (Álvarez Ochoa et al., 2025).

En este contexto, Colombia ha buscado diversificar su economía y fortalecer el sector de los agronegocios a través de modelos de tecnificación, para ello es de vital importancia el planteamiento, ejecución y seguimiento de políticas de innovación y desarrollo (I+D) orientadas a la transferencia de tecnologías ajustadas a las regiones, que responda a las necesidades, fortalezca las producciones agropecuarias y mejore la productividad y competitividad del sector (Rodríguez Huertas, 2021). Para ello una de las herramientas más prometedoras en la industria es la tecnología 4.0, que como lo mencionan Hoyos Patiño et al. (2023), enfatizando que su uso puede aportar





ventaja económicas, sociales y medio ambientales fomentando la sostenibilidad y eficacia en la producción agrícola y pecuaria.

La transformación digital del sistema de innovación es un componente importante de la construcción de la digitalización empresarial y la esencia radica en mejorar la capacidad de producción innovadora de la empresa, así, la ventaja competitividad en el mercado de productos innovadores es reflejar las ideas de desarrollo orientadas hacia las preferencias de los usuarios y mejorar el valor agregado de los mismos (Peng & Tao, 2022). En un entorno cada vez más competitivo, caracterizado por industrias complejas, innovadoras y dependientes de datos, la IA está ganando terreno como una palanca fundamental que puede mejorar el rendimiento operacional y la eficiencia (Ahmad et al., 2021), logrando los objetivos de las empresas en un menor tiempo.

La IA busca emular la inteligencia humana en máquinas que imitan el pensamiento y las acciones propias del ser humano, como el aprendizaje y la resolución de problemas. Esta tecnología no es una excepción al papel de los científicos investigadores y los especialistas en extensión que hoy en día buscar llevar esas tecnologías a la práctica, logrando resolver varios de los altibajos que se presentan en las producciones (Javaid et al., 2023). Estas tecnologías ahora pueden ayudar a los productores agropecuarios a monitorear en tiempo real varios elementos obtenidos de sus producciones, como el clima, la temperatura, el uso del agua, las condiciones del suelo el estado de cultivos y predecir sus rendimiento (Bandeira et al., 2022), monitorear enfermedades en sus animales y los procesos de nutrición y alimentación (Vásquez-Quispesivana et al., 2022), esta información transforma los modelos tradicionales, no solo desde la optimización de recursos sino desde el modelo de la toma de decisiones asertivas.

Ganesh & Kalpana, (2022) en sus estudios demuestran que tanto la IA, como el Aprendizaje automático (ML) son metodologías apropiadas y que se han venido aplicando en el campo, bajo el enfoque de la mitigación de peligros en la cadena de suministro, sumado a ello, Wong et al. (2022), analizan que al aplicar IA en los modelos de riesgos se logra que en la cadena de suministro haya una reacción dinámicamente a medios etéreos, permitiendo tomar mejores decisiones que de no hacerse bajo una estructura eficaz podrían llegar a acabar con las pequeñas y medianas empresas. La adopción de estas tecnologías ayuda a alcanzar los objetivos de sostenibilidad de las producciones, permitiendo aumentar la eficiencia y la productividad a la vez que reduce los impactos ambientales negativos, como por ejemplo en el uso de la energía, en donde la optimización del consumo energético a través de IA en el sector, como la generación de bioenergía (Kabir & Ekici, 2024), que con la integración de ingeniería inteligente de alimentos y biosistemas permitirá resolver problemas de la industria y hacer más eficientes y rentables las producciones, potencializando el desarrollo de enfoques integrados en la gestión agropecuaria (Nawaz et al., 2020).

Así mismo, la revolución de la producción agrícola exige innovación y avances tecnológicos en la transformación de la cadena de abastecimiento, haciendo una transición a una una cadena de valor agregado, que permita a los agro-emprendedores ser más productivos y eficientes a la hora de reducir costos y aumentar las ganancias (Amara et al., 2020). Además, con la adopción de innovaciones en la industria agroindustrial para la sostenibilidad como por ejemplo, el uso de sensores avanzados y algoritmos de IA logran monitorear las cosechas, mitigar el desperdicio y optimizar la calidad e inocuidad de los productos (Taneja et al., 2023), con lo anterior se puede



asegurar que un factor clave que se ha podido identificar en este proceso es la transición hacia la agricultura 4.0, como lo explican Silva et al. (2023), en donde enfatizan que para poder optimizar los procesos en el sector agroindustrial se requiere de la aplicación de tecnologías como el big data y el internet de las cosas (IoT), sin embargo, uno de los mayores desafíos es la falta de capacitación en el uso de estas herramientas, sugiriendo la necesidad de fortalecer a los operarios en formación técnica en estos modelos tecnológicos, desde el enfoque de los modelos pecuarios, Palacios & Ortega (2024), mencionan que herramientas como el big data, IoT y redes neuronales están revolucionando la ganadería y han permitido mejorar la eficiencia productiva y el bienestar animal, concluyendo que estos modelos optimizan la producción animal.

El sector de los agronegocios también enfrenta importantes desafíos productivos, la mayoría influenciados por factores ambientales donde la incertidumbre de acontecimientos estocásticos hace que una conducta se vuelva en gran medida inestable para predecirse (Quadras et al., 2023), esto genera limitaciones de respaldos o garantías, lo que resulta en un problema a la hora de obtener apoyo de las instituciones financieras (Díaz Beltrán et al., 2021), que con el uso la tecnificación y herramientas innovadoras, ayudan a mitigar estos riesgos y logran generar mayor garantía, aliviando las restricciones financieras a través de dos mecanismos principales, en primer lugar, el avance digital de la agroindustria puede mejorar el proceso de producción y optimizar las operaciones comerciales (Garzoni et al., 2020) y en segundo lugar monitorear la cadena de valor de los bienes a través del uso de tecnologías apoyadas por IA, logrando resultados más eficientes (Quadras et al., 2023).

La tecnología en la agricultura promueve entornos sostenibles al mejorar los procesos naturales, reducir los efectos adversos y permitir a las empresas responder a la presión regulatoria y legitimar las operaciones (Asif, 2023), a su vez, la adopción de IA en la legislación de políticas públicas puede ayudar a fortalecer la vocación agropecuaria, identificando zonas con potencial productivo y promoviendo prácticas sostenibles que integren variables sociales, económicas y ambientales (Sánchez-Céspedes et al., 2022).

La agricultura inteligente es una técnica agrícola innovadora que utiliza una nueva generación de tecnologías modernas a disposición de los agro-empresarios para mejorar varios aspectos de la producción agrícola y ganadera, logrando aumentar la calidad, inocuidad y cantidad de productos propios de estos sistemas (Kumar et al., 2021). La IA ayuda a promover la agricultura inteligente, un enfoque sostenible que reduce el desperdicio de recursos al reemplazar técnicas y prácticas tradicionales (Rejeb et al., 2022), al tiempo que mejora la calidad, inocuidad y trazabilidad de los productos (Mavani et al., 2022). Desde el punto de vista agropecuario, permite analizar la gestión climática, permitiendo a los productores predecir eventos adversos y prevenir enfermedades zoonóticas, lo que reduce el riesgo para la salud pública al anticiparse a eventos desfavorables y reducir los riesgos sanitarios. Además, la integración de IA en modelos predictivos es esencial para la definición temprana de brotes epidemiológicos y, en consecuencia, para fortalecer la bioseguridad de los sistemas de producción (Siche & Siche, 2023).

Los datos generados con el uso de IA hacen posible conocer las preferencias y las necesidades del consumidor final en el entorno agropecuario, lo cual se ha convertido en un fuerte aliado para las empresas, ya que les permite identificar tendencias y personalizar productos y servicios al cliente, haciendo la conexión con el mercado más eficiente y generando mayor competitividad (Soares et



al., 2022), esto demuestra que en la aplicación de tecnologías en el área agrícola y pecuaria como la IA no se puede ver de forma aislada, como lo destacan Ryan et al. (2023), enunciando que para la adopción óptima de procesos de innovación se deben considerar no solo las dimensiones tecnológicas, sino también las económicas, éticas, sociales y ambientales.

Finalmente, a través del uso de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) en los agronegocios se mejora la resiliencia, el desempeño y la maximización de ganancias a través de capacidades digitales, gobernanza de la cadena de suministro y tecnología innovadora, lo que conduce a la expansión y la eficiencia del mercado (Lin et al., 2023). La validez de la innovación tecnológica permite a las empresas del sector de los agronegocios tener acceso a recursos, explorar nuevos mercados y reducir los riesgos de comercialización (Su et al., 2023).

Sin embargo, es necesario seguir involucrando estos modelos a través de los procesos de capacitación rural y agroempresarial, que no solo se presenten las plataformas tecnológicas sino que se involucre al ejecutor mediante entidades públicas y privadas que le permitan obtener información detallada, educación en sus usos y que a su vez sea asequible para su economía (Singh & Kapoor, 2024), se deben determinar las estrategias óptimas para cada agronegocio y de acuerdo a la disponibilidad de los recursos, enmarcadas en la misión de cada producción y acorde a las políticas del país (Barrios et al., 2024), de esta manera el uso de la IA seguirá mejorando la eficiencia de las empresas agropecuarias, generando nuevas oportunidades de empleo con roles de habilidades tecnológicas e impulsando el desarrollo económico (Ultreras-Rodríguez, et al., 2025).

## CONCLUSIONES

La relación entre la Inteligencia Artificial como tecnología de innovación y los agronegocios es una combinación necesaria en los modelos de producción agropecuarios en la actualidad. Los constantes retos que se presentan en el desarrollo de procesos agroindustriales y mejora de la economía familiar y a nivel país hacen de la IA un pilar para la mejora de estos retos.

La demanda alimentaria crece día a día y el enfoque a una seguridad alimentaria comprometen la búsqueda de estrategias de transformación digital que maximicen la producción. Factores como el cambio climático impulsan a la industria agroalimentaria a buscar perspectivas innovadoras que permitan aumentar el rendimiento y minimizar los impactos.

La implementación de nuevas tecnologías busca mejorar los procesos productivos y rendimientos, además de una economía familiar digna. La IA nace como parte fundamental de la evolución tecnológica de la agroindustria. Así mismo impulsa una nueva configuración de los agronegocios a nivel mundial, proponiendo mercados más dinámicos y productores más exigentes involucrando la sostenibilidad del entorno.

La IA propone una dinámica extensa en cuanto a procesos de transformación como robots, análisis de producción, monitoreo de cultivos, análisis de datos pecuarios y suelos, monitoreo de variabilidad climática, entre otros; permitiendo y facilitando a la agroindustria anticiparse ante eventos naturales, enfermedades, plagas y rendimientos y así mismo tomar las mejores decisiones.



El almacenamiento, recopilación y transferencia de información son claves en la IA para proporcionar y sugerir estrategias personalizadas que mitiguen los impactos en cuanto a los procesos de producción en la agroindustria. Es cuestión de desarrollar nuevas habilidades y la capacidad de adaptación y capacitación de las tecnologías para adherir eficaz y eficientemente la innovación digital.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. (2021). Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo, challenges and opportunities. *Cleaner production*, 289. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125834>
- Álvarez Ochoa, C., Correa Assmus, G., Ángel Matiz, J., Regino Vergara, J., Cordero Sáenz, N., Suárez Bocanegra, P., & Vergara Vergara, W. (2025). Los agronegocios y sus transiciones hacia la sostenibilidad. Bogotá: Universidad de la Salle .
- Amara, D., Chen, H., & Hafeez, M. (2020). Role of entrepreneurial opportunity identification factors in the eco-innovation of agribusiness. *Business Strategy and Development*, 3(4), 435-448. doi: <https://doi.org/10.1002/bsd2.107>
- Asif, M. (2023). Environmental Efficiency of Enterprises: Trends, Strategy, Innovations. *Energies*, 16(6), 2683. doi:<https://doi.org/10.3390/en16062683>
- Bandeira, M., Ferreira, L., & Behr, A. (2022). Decision-making in agribusiness based on Artificial Intelligence. *Revista De Administração Da UFSM*, 15, 841-853. doi:<https://doi.org/10.5902/1983465969430>
- Barrios, D., Ramírez, C., & Romero, D. (2024). Estrategias en agronegocios. En L. Morales, *Un enfoque sistémico en los agronegocios: oportunidades para el desarrollo rural* (1 ed., págs. 363-385). Ciudad de México: Comunicación científica. doi:DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.204.08>
- De Salvo, C., Salazar, L., González , M., Schling, M., Muñoz , G., Rondinone, G., & Le Pommellec, M. (2025). *Desarrollo sostenible de la agricultura en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). . doi:<https://doi.org/10.18235/0013382>
- Dhanush, G., Khatri, N., Kumar, S., & Shukla, P. (2023). A comprehensive review of machine vision systems and artificial intelligence algorithms for the detection and harvesting of agricultural produce. *Scientific African*, 21, 1-21. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01798>



- Díaz Beltrán, M., Salazar Beleño, A., Montesino Rincón, S., Carreño Castaño, L., & Pacheco Valderrama, M. (2021). Fortalecimiento de los emprendimientos de los Agronegocios en el Municipio de San Vicente de Chucurí. *CITECSA*, 13(22), 14-22. Obtenido de <https://unipaz.edu.co/revistas/revcitecsa/article/view/309>
- Fernández, F. (2020). Inteligencia artificial y agricultura: nuevos retos en el sector agrario. *Campo jurídico*, 8(2), 123-139. doi:<https://doi.org/10.37497/revcampojur.v8i2.662>
- Ganesh, A., & Kalpana, P. (2022). Future of artificial intelligence and its influence on supply chain risk management – A systematic review. *Computers and Industrial Engineering*, 169, 1-20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108206>
- García, J., Vega, A., & Alcántara, R. (2025). El Impacto de la Inteligencia Artificial en el Mercado Laboral. *Revista de Investigación Multidisciplinaria Iberoamericana (RIMI)*, (1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.69850/rimi.vi1.149>
- Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., & Pasquale, D. (2020). Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach. *Management Decision*, 58(8), 1543-1562. doi:10.1108/MD-07-2019-0939
- Hernández Salazar, C., González Estrada, O., & González Silva, G. (2024). Integración de la inteligencia artificial y la agricultura de precisión en cultivos de café. *Revista UIS Ingenierías*, 23(4), 145-158. doi:<https://doi.org/10.18273/revuin.v23n4-2024012>
- Herrera Cardoso, E., León Galván, M., Sosa Morales, M., Ruiz Nieto, J., & Cepeda Negrete, J. (2024). Inteligencia Artificial y Biotecnología: Hacia una Agricultura Sostenible y Eficiente. *Jóvenes en la ciencia*, 32, 1-5. Obtenido de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4687>
- Hoyos Patiño, J., Velásquez Carrascal, B., Rico Bautista, D., & García Díaz, N. (2023). Impacto transformador de la inteligencia artificial y aprendizaje autónomo en la producción agropecuaria: un enfoque en la sostenibilidad y eficiencia. *Formación Estratégica*, 7(1), 40-55. Obtenido de <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/111>
- Javaid, M., Haleem, A., Haleem, I., & Suman, R. (2023). Understanding the potential applications of Artificial Intelligence in Agriculture Sector. *Advanced Agrochem*, 2, 15-30. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aac.2022.10.001>
- Kabir, M., & Ekici, S. (2024). Energy-agriculture nexus: Exploring the future of artificial intelligence applications. *Energy Nexus*, 13, 1-19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100263>
- Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., & Husain, S. (2021). Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry. *Journal of Food Quality*, 1-10. doi:10.1155/2021/4535567
- Lin, J., Lin, S., Benítez, J., Luo, X., & Ajamieh, A. (2023). How to build supply chain resilience: The role of fit mechanisms between digitally-driven business capability and supply chain governance. *Information & Management*, 60(2), 1-19. doi:10.1016/j.im.2022.103747





- Mavani, N., Ali, J., Othman, S., Hussain, M., Hashim, H., & Rahman, N. (2022). Application of artificial intelligence in food industry—a guideline. *Food Engineering. Review*, 14(1), 134-75. doi:10.1007/s12393-021-09290-z
- Mosqueda, E. (2024). La inteligencia artificial como aliada del aprendizaje y el pensamiento crítico. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 32(16), 1-13.
- Nawaz, A., Nadaf, H., Kareem, A., & Nagaraja, H. (2020). Application of Artificial Intelligence in Agriculture-Pros and Cons. *Vigyan Varta*, 1(8), 22-25. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Hasansab-Nadaf/publication/373603703\\_Application\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Agriculture-Pros\\_and\\_Cons/links/64f312d5fa851147de0b6de3/Application-of-Artificial-Intelligence-in-Agriculture-Pros-and-Cons.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Hasansab-Nadaf/publication/373603703_Application_of_Artificial_Intelligence_in_Agriculture-Pros_and_Cons/links/64f312d5fa851147de0b6de3/Application-of-Artificial-Intelligence-in-Agriculture-Pros-and-Cons.pdf)
- Palacios, J., & Ortega, L. (2024). Aplicación de Tecnologías Emergentes en la Gestión de Sistemas de Producción Pecuaria. 1-28. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/386176360\\_Aplicacion\\_de\\_Tecnologias\\_Emergentes\\_en\\_la\\_Gestion\\_de\\_Sistemas\\_de\\_Produccion\\_Pecuaria\\_Application\\_of\\_Emerging\\_Technologies\\_in\\_the\\_Management\\_of\\_Livestock\\_Production\\_Systems#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/386176360_Aplicacion_de_Tecnologias_Emergentes_en_la_Gestion_de_Sistemas_de_Produccion_Pecuaria_Application_of_Emerging_Technologies_in_the_Management_of_Livestock_Production_Systems#fullTextFileContent)
- Peng, Y., & Tao, C. (2022). Can digital transformation promote enterprise performance? —From the perspective of public policy and innovation. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(3), 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100198>
- Porcelli, A. (2020). La inteligencia artificial y la robótica: sus dilemas sociales, éticos y jurídicos. *Derecho Global. Estudios sobre Derecho y Justicia*, 6(16), 49-105. doi:<https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i16.286>
- Quadras, D., Rigon, B., Ribeiro, E., & Frazzon, E. (2023). Challenges and perspectives for agribusiness logistics chain in the Industry 4.0 era. *Procedia CIRP*, 120, 1422-1427. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.09.187>
- Rejeb, A., Rejeb, K., Zailani, S., Keogh, J., & Appolloni, A. (2022). Examining the interplay between artificial intelligence and the agri-food industry. (J., Ed.) 6, 111-128. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2022.08.002>
- Rodriguez Huertas, J. (2021). *La gestión del conocimiento como factor de éxito para el desarrollo de agronegocios en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá: Repositorio Institucional UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42369>
- Ryan, M., Isakhanyan, G., & Tekinerdogan, B. (2023). An interdisciplinary approach to artificial intelligence in agriculture. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 95(1), 1-32. doi:10.1080/27685241.2023.2168568
- Sánchez, J., Rodríguez, J., & Espitia, H. (2022). Bibliometric analysis of publications discussing the use of the artificial intelligence technique agent-based models in sustainable agriculture. *Heliyon*, 8(12), 1-15. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12005>



- Sánchez-Céspedes, J., Rodríguez-Miranda, J., & Salcedo-Parra, O. (2022). Aplicación de la inteligencia artificial en la formulación de políticas públicas relacionadas con la vocación agrícola de las regiones. *Revista Científica*, 44(2), 172–187. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.18576>
- Sansone, S. (2024). Áreas rurales: un abordaje desde los modelos sistémicos. *Cuadernos de investigación urbanística*, 152, 1-81. doi:[10.20868/ciur.2024.152.5248](https://doi.org/10.20868/ciur.2024.152.5248)
- Siche, R., & Siche, N. (2023). El modelo de lenguaje basado en inteligencia artificial sensible - ChatGPT: Análisis. *Scientia Agropecuaria*, 14(1), 111-116. doi:<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.010>
- Silva, F., Baierle, I., Correa, R., Sellitto, M., Peres, F., & Kipper, L. (2023). Open Innovation in Agribusiness: Barriers and Challenges in the Transition to Agriculture 4.0. *Sustainability*, 15, 1-14. doi:<https://doi.org/10.3390/su15118562>
- Singh, N., & Kapoor, S. (2024). Configuring the agricultural platforms: farmers' preferences for design attributes. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 14(5), 1176-1194. doi:[10.1108/JADEE-09-2022-0204](https://doi.org/10.1108/JADEE-09-2022-0204)
- Soares, N., Braga, R., David, J., Siqueira, K., & Stroele, V. (2022). Data Analysis in Social Networks for Agribusiness: A Systematic Review. *IEEE Access*, 11, 1-11. doi:[10.1109/ACCESS.2023.3237984](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3237984)
- Su, Z., Zhang, M., Sun, J., & Wu, W. (2023). Agribusiness diversification and technological innovation efficiency: A U-shaped relationship. 39(2), 322-346. doi:[10.1002/agr.21785](https://doi.org/10.1002/agr.21785)
- Taneja, A., Nair, G., Joshi, M., Sharma, S., Sharma, S., Jambrak, A., & Leksawasdi, N. (2023). Artificial Intelligence: Implications for the Agri-Food Sector. *Agronomy*, 13, 1-20. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy13051397>
- Ultreras-Rodríguez, A., De La Paz-Rosales, M., Santana-Alaniz, J., & Ramírez-Ortega, A. (2025). Inteligencia artificial y su impacto en la automatización del trabajo en México. *Koinonía*, 10(19), 1-22. doi:<https://doi.org/10.35381/r.k.v10i19.4364>
- Vanoni Martínez, G., & Omaña Guerrero, A. (2024). Una aproximación a la transformación digital en los agronegocios del Perú. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-16. doi:<https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1794>
- Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., & Betalleluz-Pallardel, I. (2022). Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 79-96. doi:<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.008>
- Wong, L., Tan, G., Ooi, K., Lin, B., & Dwivedi, Y. (2022). Artificial intelligence-driven risk management for enhancing supply chain agility: A deep-learning-based dual-stage PLS-SEM-ANN analysis. *International Journal of Production Research*, 62(15), 5535–5555. doi:<https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2063089>





Zhou, X., Yunjie, H., Guangqiao, C., & Guanglin, S. (2024). How does digital transformation drive innovation in Chinese agribusiness: Mechanism and micro evidence. *Journal of Innovation & Knowledge*, 9, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100489>

## Calidad de la carne porcina: una revisión de factores determinantes ante mortem y post mortem

### Pork meat quality: a review of ante mortem and post mortem determinant factors

\*Pacífico Bonilla. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[pacifico.bonilla@up.ac.pa](mailto:pacifico.bonilla@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0006-2123-9282>

Richard Mudarra. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[richard.mudarra@up.ac.pa](mailto:richard.mudarra@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0002-4927-1202>

Víctor Sánchez. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[victor.sanchezs@up.ac.pa](mailto:victor.sanchezs@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0009-0008-2497-2636>

Carlos Solís. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

[carlos.solis@up.ac.pa](mailto:carlos.solis@up.ac.pa)

<https://orcid.org/0000-0003-2472-556X>

\*Autor de Correspondencia: [pacifico.bonilla@up.ac.pa](mailto:pacifico.bonilla@up.ac.pa)

Recibido: 10/08/2025

Aceptado: 13/11/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n1.a8828>

**RESUMEN.** La calidad de la carne porcina es el resultado de una interacción compleja entre factores biológicos, ambientales y tecnológicos que participan a lo largo de toda la cadena de producción. Los factores *ante mortem*, como la genética, la nutrición, el manejo, el sexo, la edad y el bienestar animal, determinan la composición muscular y la respuesta metabólica del animal al sacrificio. Por su parte, los factores *post mortem*, como la velocidad de enfriamiento, el pH, la estimulación eléctrica (EE), la acidificación, la maduración y el almacenamiento, condicionan los procesos bioquímicos de la carne, comprometiendo en gran medida las propiedades sensoriales y tecnológicas, como el color, el sabor, la terneza, la maduración, la capacidad de retención de agua y los rendimientos en canal. La evidencia recopilada en esta revisión muestra que los niveles de estrés, la disponibilidad de glucógeno y la velocidad de acidificación de las carcasas están directamente relacionados con la aparición de defectos de calidad, como la carne PSE (pálida, suave y exudativa) y DFD (oscura, firme y seca), lo que refleja la importancia de analizar las interacciones entre los factores previos y posteriores al sacrificio, con el fin de optimizar los procesos productivos, reducir las pérdidas y obtener productos que respondan a las exigencias actuales en materia de calidad, inocuidad y procesamiento.

**PALABRAS CLAVE:** bienestar animal, carcasas, estimulación eléctrica, glucólisis, pH muscular, terneza.

**ABSTRACT.** The quality of pork meat results from a complex interaction among biological, environmental, and technological factors that operate throughout the entire production chain. *Ante mortem* factors such as genetics, nutrition, management, sex, age, and animal welfare determine muscle composition and the metabolic response of the animal at slaughter. In contrast, *post mortem* factors including chilling rate, pH, electrical stimulation (ES), acidification, aging, and storage influence the biochemical processes of meat, largely determining its sensory and technological properties such as color, flavor, tenderness, maturation, water-holding capacity, and carcass yield. Evidence gathered in this review indicates that stress levels, glycogen availability, and carcass acidification rate are directly related to the occurrence of quality defects such as PSE (pale, soft, and exudative) and DFD (dark, firm, and dry) meat. This highlights the importance of analyzing the interactions between *ante* and *post* slaughter factors to optimize production processes, reduce losses, and obtain products that meet current demands for quality, safety, and processing.

**KEYWORDS:** animal welfare, carcasses, electrical stimulation, glycolysis, muscle pH, tenderness.

## INTRODUCCIÓN

La carne de cerdo es una de las más consumidas a nivel mundial, y su demanda ha mostrado un crecimiento constante en las últimas décadas (Godfray et al., 2018). Actualmente, representa aproximadamente el 35 % del consumo mundial total de carne (Kim et al., 2023).

En las dietas de los consumidores, la carne de cerdo constituye una fuente importante de proteína animal de alto valor biológico, además de aportar vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales (Murphy et al., 2011). Según Kim et al. (2023), en los últimos años, el interés de los consumidores por la seguridad alimentaria, la calidad del producto y las dietas saludables ha aumentado significativamente, generando un impacto directo en los patrones de consumo y en la industria cárnica. Aunque factores tradicionales como el nivel de ingresos o el precio de la carne mantienen cierta influencia, se prevé que el valor atribuido a la calidad adquiera una relevancia cada vez mayor en las decisiones de compra.

El concepto de calidad de la carne de cerdo se puede categorizar en dos aspectos principales: calidad del proceso de producción y calidad del producto (Olsson y Pickova, 2005). La calidad del proceso de producción comprende todas las prácticas implementadas a lo largo de la cadena porcina, desde las etapas ante mortem, que incluyen el manejo, la alimentación, el bienestar y el transporte de los animales, hasta las fases post mortem, relacionadas con el sacrificio, procesamiento, almacenamiento y distribución de la carne (Jankowiak et al., 2021).

Zmudzińska et al. (2020), mencionan que la calidad del producto cárnico puede analizarse a partir de distintos componentes. En primer lugar, la calidad funcional, que abarca parámetros fisicoquímicos como el pH inicial y final, la capacidad de retención de agua, el marmoleo y la composición lipídica. En segundo lugar, la calidad sensorial, que incluye las características percibidas durante el consumo como color, olor, sabor, textura, terneza y firmeza. También se considera la calidad nutricional, vinculada con el contenido de proteínas de alto valor biológico, vitaminas y ácidos grasos esenciales, y finalmente la calidad higiénico-sanitaria, relacionada con la inocuidad y seguridad alimentaria. El objetivo de esta revisión es identificar y analizar los factores ante mortem y post mortem que influyen en la calidad de la carne porcina, destacando su interacción y relevancia para la producción porcina sostenible.

## CONTENIDO

### Factores que Afectan la Calidad de la Carne de Cerdo

La calidad de la carne de cerdo está influenciada por una multitud de factores, incluidos el genotipo (antecedentes genéticos del cerdo), las condiciones de crianza (nivel de alimentación, sistema ambiental y de alojamiento), el manejo previo al sacrificio, el método de sacrificio, las condiciones de almacenamiento, etc. Los factores importantes que afectan la calidad de la carne de cerdo antes y después del sacrificio se clasifican de la siguiente manera: 1) Factores que influyen en la calidad antes del sacrificio: genética, raza, sexo, edad y peso, sistema de crianza, dieta, manejo previo al sacrificio; 2) Factores que influyen en la calidad después del sacrificio: maduración de la carne, condiciones de almacenamiento (Figura 1) (Pandey et al., 2024).

#### Figura 1

*Diagrama esquemático de los factores que afectan la calidad de la carne de cerdo.*



## Genética

La industria de la carne ha considerado durante mucho tiempo las consideraciones genéticas en la producción de carnes procesadas de alta calidad para la calidad culinaria y tecnológica, ya que los antecedentes genéticos de un animal pueden afectar el crecimiento, la eficiencia alimenticia, la composición de la carcasa y la calidad de la carne (Cannon et al., 1995).

Según de Vries et al. (1994), la calidad de la carne porcina no depende exclusivamente de la genética, aunque esta ejerce un papel importante, explicando entre un 10 % y un 30 % de su variabilidad. El resto está determinado por factores externos al animal, como las condiciones de manejo, transporte y mercado antes del sacrificio (15 % - 25 %), así como por el proceso de sacrificio propiamente dicho, que puede representar cerca del 40 % de la influencia total. En conjunto, destacan la importancia de comprender la interacción entre el componente genético y el ambiente de producción para garantizar una carne de cerdo de alta calidad.

Aunque existen numerosas razas porcinas, la industria porcina utiliza principalmente esquemas de cruzamiento entre un número limitado de razas para aprovechar la heterosis (vigor híbrido) y la complementariedad de líneas en rasgos económicos clave (Mote & Rothschild, 2020).

De acuerdo con Ciobanu et al. (2011), la selección genética en porcinos busca reducir la incidencia de alelos con efectos negativos sobre la calidad de la carne, los cuales alteran procesos metabólicos clave del músculo. Entre los genes más relevantes se encuentran el gen del halotano (RYR1), cuya mutación R615C se asocia con síndrome de estrés porcino y el desarrollo de carne PSE (pálida, suave y exudativa), y el gen rendimiento apole (RN), identificado por la sustitución R200Q en el gen PRKAG3, relacionado con un exceso de glucógeno muscular y un pH final anormalmente bajo. Ambos genes afectan la glucólisis muscular *post mortem* (disminución del pH), reduciendo la capacidad de retención de agua y eventualmente aumentando la dureza de la carne. Esto resulta en una rápida reducción del pH y la desnaturalización de las proteínas de las células musculares, lo que finalmente conduce al desarrollo de carne PSE con menor retención de agua en el tejido muscular.

Autores como Fàbrega et al. (2002), han reportado que cerdos portadores del gen del halotano pueden presentar ciertas ventajas productivas frente a los animales negativos para dicha mutación, donde se manifestó mejoras en la eficiencia alimentaria y un mayor rendimiento de la canal,

aspectos que históricamente justificaron su utilización en programas de selección orientados al crecimiento y la productividad. El gen RN, por otro lado, se descubrió en la raza Hampshire y está vinculado con una disminución prolongada del pH *post mortem*; por lo tanto, la carne de animales portadores del gen RN a menudo se denomina "carne ácida" debido a su bajo pH (Rosenvold & Andersen, 2003).

## Cría

Los sistemas de producción extensiva pueden presentar una variedad de condiciones de alojamiento (acceso al aire libre, libertad), programas específicos de manejo de la alimentación, comercialización a edades más avanzadas y pesos más elevados en el sacrificio, y uso de razas locales para aumentar la calidad organoléptica. Esto incluye un mayor contenido de grasa intramuscular, una composición de ácidos grasos más favorable, un color más rojizo y una mayor ternura y jugosidad, en comparación con el uso de cerdos "convencionales" y condiciones de crianza convencionales para la producción de carne de cerdo (Bonneau & Lebret, 2010). La crianza extensiva estimula la actividad física e integra la influencia de las temperaturas ambientales, que pueden afectar las propiedades bioquímicas, metabólicas y contráctiles de los músculos y diferenciar aún más los atributos organolépticos de la carne de cerdo de las razas locales en comparación con razas más comerciales en confinamiento (Lefaucheur & Lebret, 2020).

## Sexo

Lebret & Čandek-Potokar (2022), señalan que el sexo es un factor fisiológico que puede influir en la calidad sensorial de la carne porcina. En los machos no castrados, la presencia de olor a verraco se asocia con concentraciones elevadas de androstenona (5 $\alpha$ -androst-16-en-3-ona) y de los metabolitos del triptófano escatol e indol en el tejido adiposo, los cuales generan olores y sabores indeseables percibidos durante la cocción.

Está bien establecido que los machos enteros (ME) son los más magros, seguidos de las hembras (HE) y los machos castrados (MC) (Pauly et al., 2012; Trefan et al., 2013). Los costos totales de producción también son más bajos al alimentar ME que MC o HE, debido a su mayor eficiencia alimenticia y retención de proteínas. Bee et al. (2015), señalan que la castración quirúrgica de lechones machos es ahora un problema de bienestar animal en muchas partes del mundo. Si bien ahora se promueve la producción de ME, no obstante, existe un riesgo real de que los cortes de carne proveniente de ellos presenten olor a verraco, un defecto sensorial que puede ocasionar su rechazo por parte de los inspectores o consumidores, e incluso su decomiso en planta, al considerarse no aptos para el consumo humano.

## Alimentación y Aditivos

Wood & Enser (1997), mencionan que los cerdos, al ser animales monogástricos, presentan una alta eficiencia en la absorción y deposición de nutrientes dietarios, por lo que diversos componentes de la dieta pueden transferirse directamente a los tejidos musculares y adiposos, modificando de manera significativa la composición química y las propiedades tecnológicas de la carne. El aumento del contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en la dieta provoca una mayor proporción de AGPI en la grasa del cerdo, lo que puede mejorar el perfil lipídico desde el

punto de vista nutricional, pero al mismo tiempo disminuye la estabilidad oxidativa de la carne y la grasa, este fenómeno se debe a que los AGPI son más susceptibles a la oxidación lipídica, proceso que conduce a la formación de compuestos volátiles responsables de sabores y olores rancios. La oxidación lipídica representa uno de los principales mecanismos de deterioro de la calidad de la carne, afectando su color, sabor, textura, valor nutritivo y vida útil. En este sentido, la composición de ácidos grasos del músculo se considera un factor determinante para la estabilidad oxidativa y la aceptabilidad sensorial del producto.

Además de los ácidos grasos, la composición vitamínica y mineral de la dieta desempeña un papel esencial en la calidad de la carne porcina. En un estudio realizado por Buckley et al. (1995), se demostró que la vitamina E es un antioxidante liposoluble clave cuya función principal es proteger las membranas biológicas frente a los procesos de peroxidación lipídica, una de las principales causas del deterioro de la calidad de los alimentos musculares. Investigaciones desarrolladas por Rosenvold et al. (2002) evidencian que las reservas de glucógeno muscular en el momento del sacrificio pueden modificarse mediante la alimentación, influyendo así en la velocidad de descenso del pH *post mortem* y, posiblemente, en la calidad tecnológica de la carne.

El uso de grasas insaturadas (como aceites vegetales o grasas de pescado) en la alimentación porcina incrementa la insaturación del tejido adiposo, lo que puede resultar en texturas más blandas, menor firmeza y mayor tendencia al enranciamiento durante el almacenamiento (Warnants et al., 1998). Por esta razón, la selección adecuada de la fuente lipídica en las dietas porcinas es crucial para equilibrar la calidad nutricional y tecnológica de la carne (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Alimentos y aditivos alimentarios que afectan la calidad de la carne de cerdo y sus efectos.*

Pienso/aditivo	Impacto en el sabor/aroma	Impacto en la calidad de la carne	Referencia
Aceite de pescado	Transferencia directa de sabor/aroma a la carne.	No especificado	(Ngapo & Gariépy, 2008)
Algas	Mejora la calidad de la grasa, posiblemente afecte el sabor.	Aumenta los niveles de AGPI	(Corino et al., 2019)
Vitamina E	No especificado	Aumenta la vida útil y la calidad (Reduce la oxidación, mejora la vida útil y la calidad)	(Ellis & McKeith, 2019)
Vitamina D3	No especificado	Mejora la ternura, reduce la pérdida por goteo, mejora el color.	(Wilborn et al., 2004)
Bicarbonato de sodio	No especificado	Reduce los casos de PSE	(Ellis & McKeith, 2019)
Extracto de caña de azúcar	Realza la dulzura	Aumenta el pH 24 h, reduce la fuerza de corte, disminuye la pérdida por goteo.	(Xia et al., 2017)

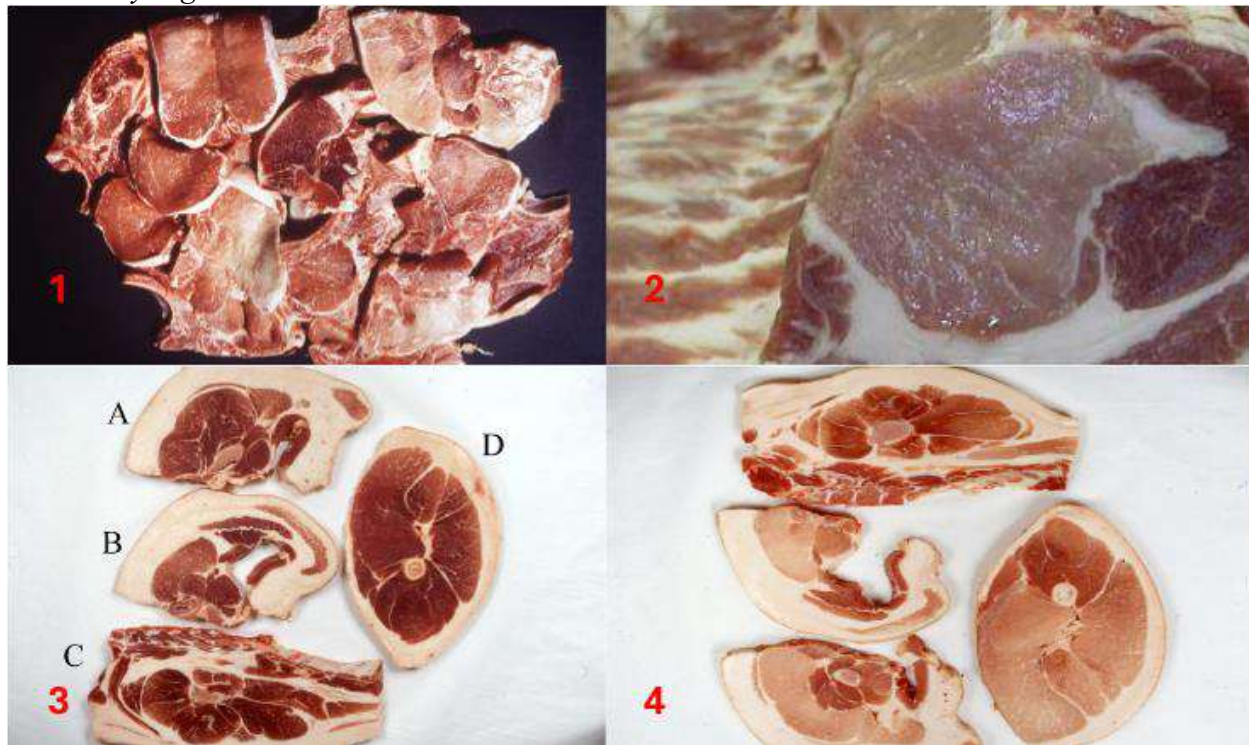
Se ha observado que alimentar a los cerdos con niveles elevados de sacarosa u otras fuentes de carbohidratos digestibles unos días antes del sacrificio o durante el reposo nocturno en los corrales de espera puede aumentar las reservas de glucógeno muscular y, por lo tanto, reducir el pH a las



24 horas (Rosenvold & Andersen, 2003). Como señalan Wang et al. (2024), la incidencia de carne DFD (oscura, firme y seca) podría disminuir, pero la incidencia de carne PSE (pálida, suave y exudativa) probablemente aumente, en especial en los portadores del gen Halotano, cuando se aplican estrategias de alimentación con azúcares, representada estas características en la figura 2.

### Figura 2

*Variación en la calidad de la carne de cerdo: comparación entre carnes PSE y DFD en distintos músculos y regiones de la canal.*



1. Parte superior izquierda: chuletas de cerdo compradas en un supermercado y dispuestas juntas para mostrar la variación en la calidad de la carne de cerdo; 2. Parte superior derecha: diferencia de coloración entre dos músculos en una superficie expuesta de la región lumbar de una canal porcina, el músculo de la izquierda es el *longissimus lumborum* presenta características de carne PSE (pálida, suave y exudativa), mientras que el músculo de la derecha es el *spinalis dorsi* muestra características de carne DFD (oscura, firme y seca); 3. Parte inferior izquierda: cortes transversales de una canal DFD, las regiones anatómicas de la canal se identifican como: A = grupa, B = lomo, C = paleta y D = pierna; 4. Parte inferior derecha: cortes transversales de una canal PSE, corresponden a las mismas regiones anatómicas de la canal indicadas en la figura de la izquierda.

Últimamente, ha habido un interés significativo en agregar altos niveles de vitamina D3 para mejorar la terneza de la carne del ganado. Wilborn et al. (2004) en un estudio evaluaron los efectos de alimentar altas cantidades de vitamina D3 a los cerdos de finalización durante los últimos 10 días antes del sacrificio. Los resultados no encontraron ningún efecto significativo en las cualidades de palatabilidad. Sin embargo, hubo una reducción en la pérdida por goteo y una mejora en el color del músculo en comparación con el grupo de control.

### Edad y Peso



De acuerdo con Ngapo & Gariépy (2008), los incrementos simultáneos en la edad y el peso al sacrificio de cerdos pesados se asocian con una mayor adiposidad de la canal (grasa dorsal) y un incremento en el contenido de grasa intramuscular, lo que en principio podría favorecer la calidad sensorial de la carne.

Según Lebret (2008), el aumento de la edad al sacrificio no siempre se traduce en una mayor deposición de grasa intramuscular, especialmente cuando se implementa restricciones en la alimentación, con el objetivo de controlar el crecimiento corporal, reducir el engorde excesivo o mejorar la eficiencia alimenticia. En tales condiciones, la limitación del consumo energético reduce la síntesis y almacenamiento de grasa, tanto a nivel muscular como subcutáneo, lo que contrarresta el efecto positivo que normalmente tendría una mayor edad fisiológica sobre la calidad sensorial de la carne.

Ngapo & Gariépy (2008) también destacan que los efectos combinados del peso y la edad al sacrificio sobre las propiedades organolépticas de la carne porcina no son consistentes entre estudios, lo cual podría atribuirse a factores de confusión, como las diferencias en el peso y la edad de comercialización de los animales, las estrategias de alimentación y manejo, o incluso las técnicas de cocción utilizadas.

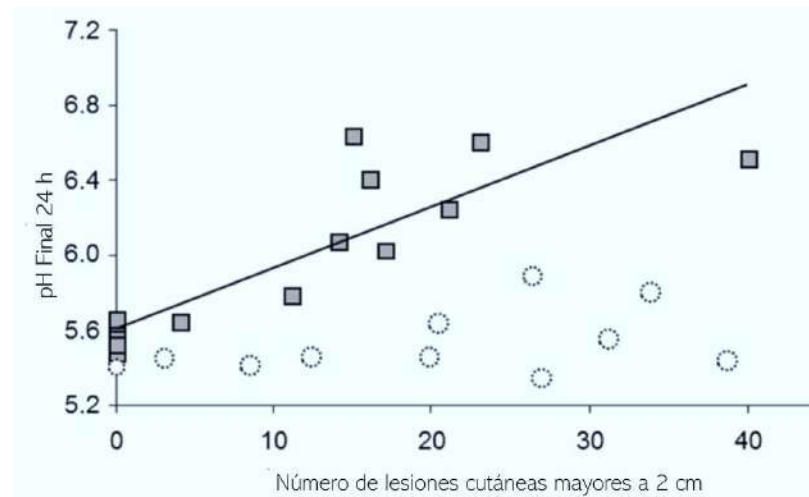
### Manejo Previo al Sacrificio y Condiciones de Sacrificio

Las actividades previas al sacrificio abarcan todas las actividades y procedimientos relacionados con los animales desde la granja hasta el matadero, incluyendo el transporte, el estabulado y el aturdimiento (Faucitano, 2018). Cualquier factor de estrés que ocurra durante esta fase puede afectar los cambios fisicoquímicos *post mortem* en la conversión de músculo a carne y, posteriormente, la calidad de la carne de cerdo (Terlouw et al., 2021). En el ganado vacuno y los cerdos, ciertas condiciones previas al sacrificio, como la mezcla de animales o el transporte a largo plazo, aumentan el riesgo de producción de carne con un pH final alto a nivel de grupo (Terlouw & Rybarczyk, 2008).

Según Terlouw et al. (2021), estudios que analizaron estos efectos en detalle demostraron que, en cerdos, los niveles de peleas se correlacionan linealmente con aumentos en el pH final a nivel individual (Figura 3). Además, frecuencias cardíacas más elevadas o concentraciones más altas de catecolaminas antes del sacrificio se asociaron con una rápida disminución del pH en las primeras etapas *post mortem* y con un pH final más alto. Estos cambios influyeron negativamente en el color de la carne y en su capacidad de retención de agua.

### Figura 3

*Efecto de las lesiones cutáneas sobre el pH final en cerdos.*

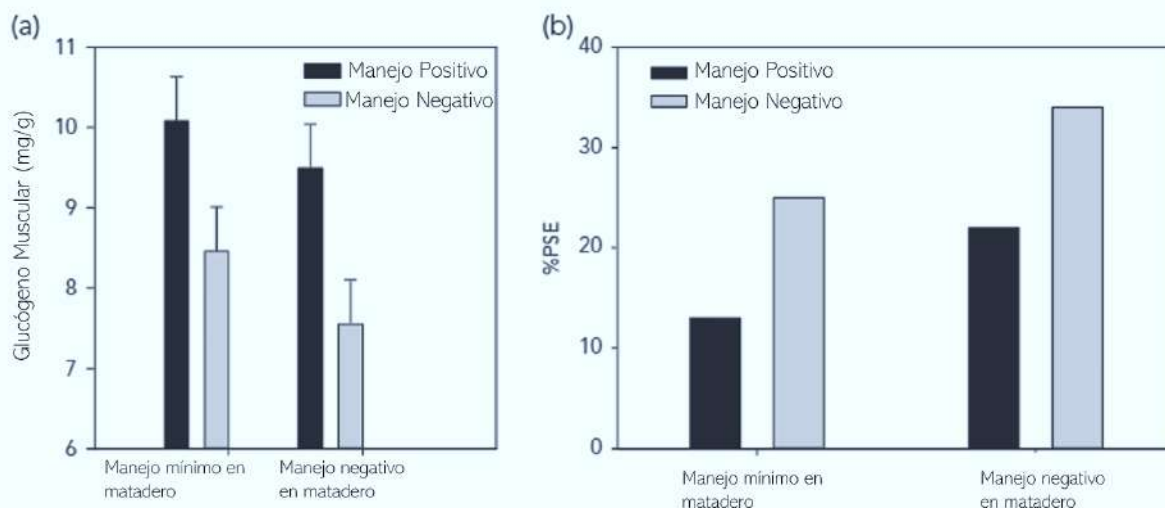


Los cuadrados representan cerdos Piétrain × (Large White × Landrace). El número de lesiones cutáneas, indicativas de interacciones agonísticas durante el confinamiento mixta en el matadero (18 h), se correlacionó con el pH a las 24 h *post mortem* del músculo *aductor femoral* ( $r = 0.89$ ;  $p < 0.001$ ).

Los cerdos sometidos a un manejo inadecuado en la granja muestran una mayor incidencia de carne PSE como se observa en la figura 4. Asimismo, los animales manipulados con picañas eléctricas antes del sacrificio presentan una frecuencia mucho mayor de PSE en comparación con aquellos manejados sin descargas eléctricas, con incidencias reportadas del 33-41 % frente al 8-9 % (Warner et al., 2018).

#### Figura 4

*Efecto del manejo en granja y previo al sacrificio sobre el glucógeno muscular y la incidencia de carne PSE en cerdos.*



Se consideró manejo positivo cuando los cerdos se acercaban individualmente al experimentador, eran acariciados suavemente; en tanto el manejo negativo cuando los cerdos se acercaban al experimentador, se les aplicaba una descarga eléctrica. También se evaluó el manejo previo al sacrificio con un manejo mínimo sin uso de fuerza o negativo en matadero que incluyó el uso de

impulsadores eléctricos sobre: (a) los niveles de glucógeno muscular y (b) el porcentaje de carne PSE).

### Almacenamiento y Estimulación Eléctrica

Se han estudiado muchos factores *post mortem* que afectan la calidad de la carne de cerdo, entre ellos el enfriamiento y la estimulación eléctrica (EE) de la carcasa. Debido a que el músculo PSE se produce cuando las proteínas musculares se desnaturalizan por altas temperaturas y bajo pH inmediatamente después de la muerte (Zhang et al., 2007). El enfriamiento rápido puede reducir rápidamente la temperatura y mejorar la calidad de la carne de cerdo al reducir la acidificación asociada al desarrollo de carne PSE.

Los métodos de enfriamiento acelerado incluyen enfriamiento instantáneo o criogénico, recorte de grasa caliente, duchas de agua fría, generalmente implican un procesamiento acelerado utilizando nitrógeno líquido, propilenglicol o sistemas de enfriamiento criogénico, aunque todos estos son procesos costosos, existen resultados contradictorios con respecto a su impacto en la calidad de la carne de cerdo. No obstante, Pandey et al. (2024) han reportado, a través de diversas investigaciones, que el valor de luminosidad ( $L^*$ ) de la carne de cerdo sometida a congelación rápida tiende a disminuir ligeramente en comparación con la carne refrigerada convencional, lo cual mejora el color y la apariencia general del producto. Esta reducción del valor  $L^*$  no implica el desarrollo de carne DFD, sino una corrección de la palidez excesiva característica de la carne PSE, alcanzando así un color más natural y equilibrado que refleja una mejor calidad tecnológica y sensorial.

La estimulación eléctrica aplicada a las canales después del sacrificio provoca una aceleración del desarrollo del *rigor mortis*, como consecuencia de una despolarización extensiva de las membranas celulares y contracciones musculares durante el proceso de estimulación (Warner et al., 2018).

Actualmente, existen tres tipos principales de EE. Estos son la estimulación eléctrica de voltaje extra bajo (ELVES), la estimulación eléctrica de bajo voltaje (LVES) y la estimulación eléctrica de alto voltaje (HVES). La ELVES se lleva a cabo a un voltaje de  $< 100$  V mientras que la HVES se lleva a cabo a  $> 110$  V. Para simplificar, dos tipos principales de EE (bajo y alto) se utilizan a menudo en la mayoría de la literatura con una definición clara del voltaje.

Recientemente, la EE se utiliza a menudo para otros fines además de la mejora de la calidad de la carne. En algunos mataderos, especialmente en Australia y Nueva Zelanda, la EE se aplica inmediatamente después del aturdimiento antes del sacrificio, inmediatamente después del sacrificio o durante el desollado. Cuando se aplica después del aturdimiento antes del sacrificio, tiene como objetivo garantizar la salud ocupacional (seguridad de los trabajadores) para evitar el temblor de las patas traseras cuando se desangra al animal (Adeyemi & Sazili, 2014).

La estimulación eléctrica aplicada inmediatamente después del sacrificio tiene como objetivo aumentar la eficiencia del desangrado y promover la recolección de sangre. Se ha informado que este procedimiento mejora la terneza porque la EE de bajo voltaje reduce el adenosin trifosfato (ATP) muscular, haciéndolo no disponible para la contracción muscular durante el almacenamiento en frío. Además, el agotamiento de ATP por la EE podría reducir el tiempo de

almacenamiento congelado necesario para agotar el ATP. Cuando se aplica durante el desollado, su objetivo es fortalecer la columna vertebral del animal para evitar la rotura de la médula espinal (Adeyemi & Sazili, 2014).

## Maduración de la Carne

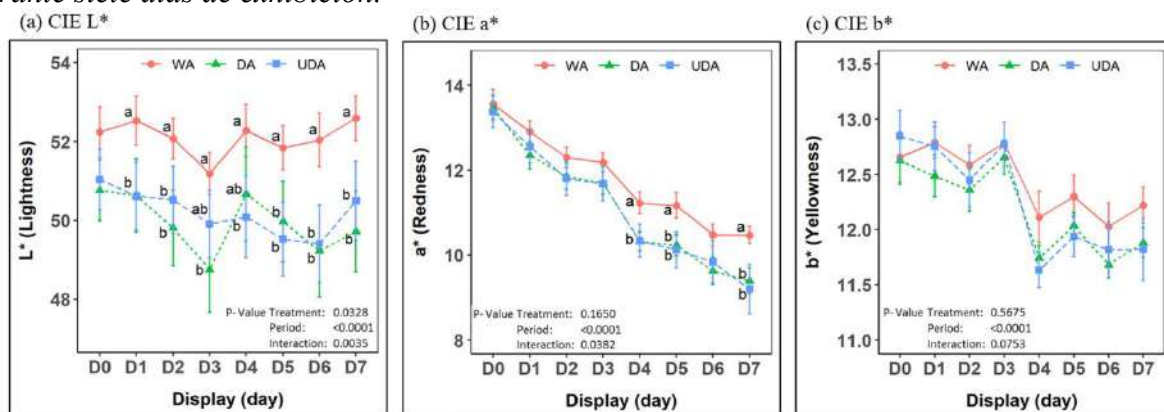
La maduración es un método que mejora los atributos sensoriales de ternura, jugosidad y sabor de la carne fresca mediante proteólisis *post mortem*. La maduración generalmente se clasifica en “al vacío” y “en seco”. Maduración en húmedo mediante envasado al vacío es el método ampliamente adoptado en la industria (Setyabrata et al., 2021).

En un estudio realizado por Setyabrata et al. (2021), se evaluó el efecto de diferentes métodos de maduración sobre la estabilidad del color de la carne de cerdo durante un período de siete días como se muestra en la figura 5.

Los autores reportaron una interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo de exposición en la mayoría de los parámetros instrumentales de color, excepto en  $b^*$  (amarillez) y croma, los cuales se mantuvieron relativamente estables a lo largo del ensayo. De acuerdo con sus resultados, las chuletas sometidas a maduración en seco (DA) y maduración seca con luz UV (UDA) presentaron valores de luminosidad ( $L^*$ ) significativamente menores ( $p < 0,05$ ) en comparación con aquellas maduras en condiciones húmedas (WA), lo que sugiere una mayor estabilidad del color superficial en los tratamientos con menor exposición a la humedad ambiental.

### Figura 5

*Efecto de diferentes métodos de maduración en las propiedades de color del lomo de cerdo durante siete días de exhibición.*



La menor luminosidad ( $L^*$ ) en los productos madurados en seco podría estar asociada con una mayor pérdida de humedad en el producto. Una menor humedad se ha asociado con una menor disponibilidad de humedad superficial en la pieza cárnica, lo que lleva a una disminución en la reflexión de la luz y, por lo tanto, a una apariencia más oscura. Estos resultados coinciden con investigaciones previas sobre maduración en seco de carne de cerdo, las cuales reportaron que los productos madurados en húmedo presentan una luminosidad inicial más alta en comparación con los madurados en seco (Hwang et al., 2018).

De acuerdo con Richardson et al. (2018), aunque los cambios en el color y su estabilidad podrían considerarse desfavorables desde un punto de vista tecnológico, los consumidores tienden a preferir las chuletas de cerdo con tonalidades más oscuras frente a aquellas de color más claro, asociando este aspecto con una mayor jugosidad y sabor, lo que sugiere posibles beneficios de la maduración en seco durante los entornos minoristas.

## CONCLUSIONES

La calidad de la carne porcina es el resultado de una compleja interacción entre factores genéticos, ambientales, nutricionales y tecnológicos que actúan a lo largo de toda la cadena de producción. Sin embargo, lograr una carne de calidad constante sigue siendo un desafío, no tanto por falta de conocimiento, sino por las dificultades para aplicar de manera uniforme lo que ya se sabe. En muchos casos, las condiciones reales del campo, el manejo previo al sacrificio o las prácticas en planta terminan marcando la diferencia. Aunque se han documentado ampliamente los efectos de la genética, la alimentación y el manejo sobre las características de la canal y la carne, todavía se requiere una mayor integración entre los factores pre y post mortem. Entender cómo cada decisión tomada en la etapa productiva repercute en la calidad final es clave para reducir pérdidas y mejorar la eficiencia del sistema. Por punto importante es la percepción del consumidor está cambiando: hoy la calidad no se mide solo por la terneza o el color, sino también por la confianza que genera el producto, el bienestar animal y el impacto ambiental del sistema de producción. Estos aspectos exigen una visión más completa del concepto de calidad, donde la sostenibilidad y la transparencia sean parte del valor del producto.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

- Adeyemi, K. D., & Sazili, A. Q. (2014). Efficacy of Carcass Electrical Stimulation in Meat Quality Enhancement: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(3), 447–456. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13463>
- Bee, G., Chevillon, P., & Bonneau, M. (2015). Entire male pig production in Europe. *Animal Production Science*, 55(12), 1347. <https://doi.org/10.1071/an15279>
- Bonneau, M., & Lebret, B. (2010). Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Science*, 84(2), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.03.013>
- Buckley, D. J., Morrissey, P. A., & Gray, J. I. (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal of Animal Science*, 73(10), 3122. <https://doi.org/10.2527/1995.73103122x>

- Cannon, J. E., Morgan, J. B., Heavner, J., McKeith, F. K., Smith, G. C., & Meeker, D. L. (1995). Pork Quality Audit: A Review Of The Factors Influencing Pork Quality. *Journal of Muscle Foods*, 6(4), 369–402. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1995.tb00581.x>
- Ciobanu, D. C., Lonergan, S. M., & Huff-Lonergan, E. J. (2011). Genetics of meat quality and carcass traits. CABI EBooks, 355–389. <https://doi.org/10.1079/9781845937560.0355>
- Corino, C., Modina, S. C., Di Giancamillo, A., Chiapparini, S., & Rossi, R. (2019). Seaweeds in Pig Nutrition. *Animals*, 9(12), 1126. <https://doi.org/10.3390/ani9121126>
- de Vries, A. G., van der Wal, P. G., Long, T., Eikelenboom, G., & Merks, J. W. M. (1994). Genetic parameters of pork quality and production traits in Yorkshire populations. *Livestock Production Science*, 40(3), 277–289. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(94\)90095-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(94)90095-7)
- Ellis, M., & McKeith, F. (2019). Nutritional influences on pork quality. National Pork Board. American Meat Science Association. Recuperado de <https://swine.extension.org/nutritional-influences-on-pork-quality/>
- Fàbrega, E., Manteca, X., Font, J., Gispert, M., Carrión, D., Velarde, A., Ruiz-de-la-Torre, J. L., & Diestre, A. (2002). Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. *Meat Science*, 62(4), 463–472. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(02\)00040-2](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00040-2)
- Faucitano, L. (2018). Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. *Journal of Animal Science*, 96(2), 728–738. <https://doi.org/10.1093/jas/skx064>
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399). <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>
- Hwang, Y.-H., Sabikun, N., Ismail, I., & Joo, S.-T. (2018). Comparison of Meat Quality Characteristics of Wet- and Dry-aging Pork Belly and Shoulder Blade. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 950–958. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e27>
- Jankowiak, H., Cebulska, A., & Bocian, M. (2021). The relationship between acidification (pH) and meat quality traits of polish white breed pigs. *European Food Research and Technology*, 247(11), 2813–2820. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03837-4>
- Kim, S. W., Gormley, A., Jang, K. B., & Duarte, M. E. (2023). Current status of global pig production: an overview and research trends. *Animal Bioscience*, 37(4), 719–729. <https://doi.org/10.5713/ab.23.0367>
- Lebret, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*, 2(10), 1548–1558. <https://doi.org/10.1017/s1751731108002796>



- Lebret, B., & Čandek-Potokar, M. (2022). Review: Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. *Animal*, 16, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100402>
- Lefaucheur, L., & Lebret, B. (2020). The rearing system modulates biochemical and histological differences in loin and ham muscles between Basque and Large White pigs. *Animal*, 14(9), 1976–1986. <https://doi.org/10.1017/s175173112000066x>
- Mote, B. E., & Rothschild, M. F. (2020). Chapter 14 – Modern genetic and genomic improvement of the pig. En F. W. Bazer, G. C. Lamb, y G. Wu (Eds.), *Animal Agriculture Sustainability, Challenges and Innovations* (pp. 249–262). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00014-8>
- Murphy, M. M., Spungen, J. H., Bi, X., & Barra, L. M. (2011). Fresh and fresh lean pork are substantial sources of key nutrients when these products are consumed by adults in the United States. *Nutrition Research*, 31(10), 776–783. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2011.09.006>
- Ngapo, T. M., & Gariépy, C. (2008). Factors Affecting the Eating Quality of Pork. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(7), 599–633. <https://doi.org/10.1080/10408390701558126>
- Olsson, V., & Pickova, J. (2005). The Influence of Production Systems on Meat Quality, with Emphasis on Pork. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(4), 338–343. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-34.4.338>
- Pandey, S., Kim, S., Kim, E. S., Keum, G. B., Doo, H., Kwak, J., Ryu, S., Choi, Y., Kang, J., Kim, H., Chae, Y., Seol, K.-H., Kang, S. M., Kim, Y., Seong, P. N., Bae, I.-S., Cho, S.-H., Jung, S., & Kim, H. B. (2024). Exploring the multifaceted factors affecting pork meat quality. *Journal of Animal Science and Technology*, 66(5), 863–875. <https://doi.org/10.5187/jast.2024.e56>
- Pauly, C., Luginbühl, W., Ampuero, S., & Bee, G. (2012). Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted — Results of a meta-analysis study. *Meat Science*, 92(4), 858–862. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.06.007>
- Richardson, E. L., Fields, B., Dilger, A. C., & Boler, D. D. (2018). The effects of ultimate pH and color on sensory traits of pork loin chops cooked to a medium-rare degree of doneness. *Journal of Animal Science*, 96(9), 3768–3776. <https://doi.org/10.1093/jas/sky258>
- Rosenvold, K., & Andersen, H. J. (2003). Factors of significance for pork quality—a review. *Meat Science*, 64(3), 219–237. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(02\)00186-9](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00186-9)
- Rosenvold, K., Lærke, H. N., Jensen, S. K., Karlsson, A. H., Lundström, K., & Andersen, H. J. (2002). Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E





- supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and pre-slaughter stress. *Meat Science*, 62(4), 485–496. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(02\)00045-1](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(02)00045-1)
- Setyabrata, D., Wagner, A. D., Cooper, B. R., & Kim, Y. H. B. (2021). Effect of Dry-Aging on Quality and Palatability Attributes and Flavor-Related Metabolites of Pork Loins. *Foods*, 10(10), 2503. <https://doi.org/10.3390/foods10102503>
- Terlouw, E. M. C., & Rybarczyk, P. (2008). Explaining and predicting differences in meat quality through stress reactions at slaughter: The case of Large White and Duroc pigs. *Meat Science*, 79(4), 795–805. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.11.013>
- Terlouw, E. M. C., Picard, B., Deiss, V., Berri, C., Hocquette, J.-F., Lebret, B., Lefèvre, F., Hamill, R., & Gagaoua, M. (2021). Understanding the Determination of Meat Quality Using Biochemical Characteristics of the Muscle: Stress at Slaughter and Other Missing Keys. *Foods*, 10(1), 84. <https://doi.org/10.3390/foods10010084>
- Trefan, L., Doeschl-Wilson, A. B., Rooke, J. A., Terlouw, C., & Bünger, L. (2013). Meta-analysis of effects of gender in combination with carcass weight and breed on pork quality1. *Journal of Animal Science*, 91(3), 1480–1492. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5200>
- Wang, R., Liu, H., Zhao, B., & Mao, Y. (2024). Avances en los factores formativos y las estrategias de regulación nutricional de la carne de cerdo PSE. *Ciencia y Tecnología de la Industria Alimentaria*, 45(8), 342–349. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023040095>
- Warnants, N., Van Oeckel, M. J., & Boucqué, Ch. V. (1998). Effect of incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork backfat on the quality of salami. *Meat Science*, 49(4), 435–445. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(98\)00011-4](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(98)00011-4)
- Warner, R. D., Dunshea, F. R., & Channon, H. A. (2018). Producing consistent quality meat from the modern pig. *Burleigh Dodds Series in Agricultural Science*, 81–118. <https://doi.org/10.19103/as.2017.0030.05>
- Wilborn, B. S., Kerth, C. R., Owsley, W. F., Jones, W. R., & Frobish, L. T. (2004). Improving pork quality by feeding supranutritional concentrations of vitamin D31. *Journal of Animal Science*, 82(1), 218–224. <https://doi.org/10.2527/2004.821218x>
- Wood, J. D., & Enser, M. (1997). Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *British Journal of Nutrition*, 78(1), S49–S60. <https://doi.org/10.1079/bjn19970134>
- Xia, Y., Li, Y., Shen, X., Massami Mizu, Furuta, T., & Li, C. (2017). Effect of dietary supplementation with sugar cane extract on meat quality and oxidative stability in finishing pigs. *Animal Nutrition*, 3(3), 295–299. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.05.002>
- Zhang, W. H., Peng, Z. Q., Zhou, G. H., Xu, X. L., & Wu, J. Q. (2007). Effects of low voltage electrical stimulation and chilling methods on quality traits of pork *M. longissimus*



lumborum. Journal of Muscle Foods, 18(1), 109–119. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2007.00070.x>

Zmudzińska, A., Bigorowski, B., Banaszak, M., Roślewska, A., Adamski, M., & Hejdysz, M. (2020). The Effect of Diet Based on Legume Seeds and Rapeseed Meal on Pig Performance and Meat Quality. Animals, 10(6), 1084. <https://doi.org/10.3390/ani10061084>



### **SOBRE LA REVISTA**

La Revista Investigaciones Agropecuarias es una divulgación científica de publicaciones especializadas en línea, arbitrada y seriada en el campo de las Ciencias Agropecuarias. Bajo la responsabilidad de la Dirección de Investigación y Postgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, cuyo objetivo principal es de contribuir al desarrollo de la investigación, generación de conocimientos científicos e innovación de tecnologías en esta área de conocimiento.

Es una publicación científica seriada, indexada en línea, arbitrada y especializada en Ciencias Agropecuarias. Su publicación inició en diciembre de 2018, con una periodicidad semestral, correspondiente a un volumen anual, dividido en dos números (*Diciembre-Mayo y Junio-Noviembre*).

Esta revista se publica bajo la modalidad de arbitraje por pares doble ciego, presentando una colección de artículos científicos originales e inéditos, compilaciones científicas y notas cortas. La revista está indexada en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina (**Latindex**), en **Amelica** y en el Índice de Revistas Científicas de Panamá (**Panindex**).

AmeliCA es una infraestructura de comunicación para la publicación académica y la ciencia abierta, sostenida de forma cooperativa y centrada en un modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

### **OBJETIVOS**

- Divulgar resultados de investigaciones originales e inéditos, en Ciencias Agropecuarias y aumentar la visibilidad del conocimiento científico en las áreas agropecuarias a nivel internacional.
- Fomentar la participación de investigadores, profesionales y estudiantes de las Ciencias Agropecuarias y áreas afines a nivel nacional e internacional.
- Lograr su indexación en agencias de alto impacto tales como Redalyc, Scielo y Scopus.
- Contribuir con la seguridad agroalimentaria, desarrollo rural y la preservación del medio ambiente. Así como el desarrollo de tecnologías emergentes en el Sector Agropecuario.

### **NORMAS EDITORIALES**

Los autores, revisores deben registrarse en la Plataforma OJS en el siguiente enlace: [https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones\\_agropecuarias](https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias) y entregar sus manuscritos y toda correspondencia por este medio. En caso de requerir contactarnos puede dirigirse al correo electrónico de la Revista Investigaciones Agropecuarias. E-mail: [revistaia\\_fca@up.ac.pa](mailto:revistaia_fca@up.ac.pa). o comunicarse al teléfono 523-3912.



### SISTEMA DE ARBITRAJE

El procedimiento utilizado por la Revista Investigaciones Agropecuarias para la selección de los artículos a publicar es el siguiente.

1. El interesado presenta a consideración del Consejo Editorial de la Revista el artículo, para lo cual debe adjuntar al artículo, el modelo de carta de cesión de derechos y declaración de originalidad. (Ver la Sección Instrucciones para los Autores).
2. El Consejo Editorial revisa si el trabajo cumple con las políticas generales de publicación y las normas de presentación de los artículos.
3. El artículo es sometido a la consideración de dos evaluadores o pares externos, especialistas en el área temática del trabajo presentado, de alto nivel científico, que emitirán correcciones y observaciones, así como también la recomendación final en torno a si el trabajo es publicable o no. En la evaluación se utiliza el sistema de “doble ciego”, en la que el evaluador no conoce al autor del artículo en evaluación y el autor no conoce quién evalúa su trabajo. Los evaluadores utilizarán un formulario elaborado para este fin, el cual contiene una serie de criterios y también permite realizar comentarios generales al margen.
4. El autor y coautores deben atender las sugerencias y correcciones y presentar el artículo corregido.
5. El Consejo Editorial, cumplido todos los procedimientos establecidos y revisiones de redacción y estilo, toma la decisión final de la selección o no del artículo.

El proceso culmina cuando el Consejo Editorial le expide al autor y coautores una nota de aceptación del trabajo para su publicación en línea en el volumen de la revista que corresponde.

### DETECCIÓN DE PLAGIO

La Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA), se compromete al respeto e integridad de los manuscritos publicados en nuestra revista y rechazará todo artículo que haya sido plagiado, o haya utilizado fuentes de otro autor señalando que es de su propia autoría.

El editor es el responsable de garantizar a los lectores que los artículos publicados en su medio sean originales y estén exentos de copia. En este sentido, la RIA siempre tiene entre sus objetivos detectar plagios en los trabajos que recibe, con el fin de asegurar que las publicaciones de nuestra revista sean confiables, por este motivo el autor debe entregar una carta de cesión de derechos y declaración de originalidad en el momento de entregar su artículo.

Si existiera alguna denuncia de plagio al Editor, este establecerá el contacto con el autor y el demandante, analizará rigurosamente el caso. Se le dará la oportunidad de retractación al autor que haya incurrido en esta falta y esto será publicado en la revista siguiente al resultado del análisis realizado por el Comité Científico y el Editor.

Por otro lado, todos los manuscritos son sometidos a un proceso de Doble revisión ciega y se utilizará para la detección de plagio la verificación de programas o software especializado.



### **INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES**

La convocatoria para la presentación de escritos es permanente, por lo que los autores pueden enviar sus manuscritos en cualquier momento del año.

Sólo se aceptarán artículos **originales, inéditos, novedosos y vinculados a las áreas de Ciencias Agropecuarias**, los cuales serán revisados por programas especializados para detección de plagio o similitud semántica proporcionados por la institución académica.

Considere:

- Los manuscritos deben usar un lenguaje claro, preciso y comprensible.
- Los escritos no pueden estar en proceso de arbitraje o publicación en otros medios.

### **ESTRUCTURACIÓN DEL MANUSCRITO**

El manuscrito debe estructurarse de la siguiente manera: Título en dos idiomas: español/inglés o inglés/español, afiliación de autores y co-autores con su email y ORCID, Resumen, Palabras Clave, Abstract, Keywords, Introducción, Materiales y Métodos, Diseño Experimental, Análisis Estadístico, Resultados, Discusión, Conclusión, Agradecimiento y Referencias.

**Título.** La selección del título conlleva una gran responsabilidad ya que debe reflejar en pocas palabras la esencia del trabajo y debe facilitar la recuperación de la información pertinente a través de sistemas computarizados. Centrado en mayúsculas y negrillas, no debe sobrepasar 20 palabras y debe presentarse en dos (2) idiomas (Español / Inglés o Inglés / Español).

**Afiliación.** Corresponde a los datos que identifiquen a los responsables del artículo, autor (o autores) debidamente espaciado del título también centrado. Identifique el lugar en que se ha realizado la investigación que, usualmente, es una institución.

**Resumen.** Todo artículo debe contener un resumen de no más de 250 palabras y debe describir, en forma concisa y precisa, el objeto de la investigación, así como los principales logros y conclusiones. Debe poder leerse y entenderse en forma independiente del texto principal, pero podrán citarse figuras, cuadros, etc., del texto. Se debe tener presente que el resumen será la parte más leída de su trabajo.

**Palabras clave.** No deben sobrepasar 5 palabras, las que deben ser cuidadosamente escogidas por su relevancia en el resumen, utilizando los tesauros, que son vocabularios controlados y estructurados formalmente, formados por términos que guardan entre sí relaciones semánticas y genéricas: de equivalencia, jerárquicas y asociativas.

**Abstrac / Keywords.** Es obligatoria la presentación del resumen del artículo en idioma Inglés

**Introducción.** La introducción debe dejar claro el propósito de la investigación, los antecedentes y su relación con otros trabajos en el mismo campo, sin caer en una revisión exhaustiva de la literatura pertinente.



**Materiales y Métodos.** Esta sección constituye uno de los núcleos de toda investigación, se enumeran los elementos e instrumentos empleados y se describen los pasos efectuados en el experimento. Es importante que toda esta información sea descrita de manera explícita y lógica,

**Parte Experimental.** Esta sección debe contener todos los procedimientos con el detalle suficiente de los pasos críticos que permita que el trabajo pueda ser reproducido por un personal idóneo. Los procedimientos que ya estén en la literatura sólo deben ser citados y descritos, a menos que se hayan modificado sustancialmente. Se debe incluir también el detalle de las condiciones experimentales bajo las cuales fueron obtenidos los resultados.

**Resultados.** Los resultados pueden presentarse en forma de figuras, esquemas o cuadros; sin embargo, los resultados simples se pueden presentar directamente en el texto, se debe cuidar el no ser reiterativo.

**Discusión.** La discusión debe ser concisa y debe orientarse hacia la interpretación de los resultados.

**Conclusión.** Esta sección debe incluir las conclusiones que emanen de los objetivos específicos del trabajo y no debe contener la misma información que ya ha sido presentada en el texto en los resultados.

**Agradecimientos.** Es opcional para los autores.

**Referencias.** Las Referencias Bibliográficas tanto como las citas dentro del artículo serán redactadas de acuerdo a las normas APA 7.

### **CARACTERÍSTICAS DEL TEXTO**

Todo el texto del manuscrito (incluyendo las notas, así como las tablas e inscripciones de las figuras, de acuerdo a la Norma APA 7.0) debe ser presentado en el procesador de texto Microsoft Word, con fuente o letra Times New Roman N°.12, e interlineado sencillo (1.0), con una línea entre párrafo, hasta donde se pueda, ajustado a una hoja 22x28 cm. (8 ½" x 11"). Los cuatro márgenes: izquierdo, derecho, superior e inferior debe ser de 2.54 cm (1"), con justificación en bloque.

En el caso de que incluya en su manuscrito ilustraciones, se utilizará las tablas y figuras. Estas deben ser colocadas en el lugar que les correspondan dentro del texto y deben seguir una numeración dentro del documento, las cuales deberán ser referenciadas en el escrito. Deben tener un título descriptivo de las misma, para las tablas en la parte superior en cursiva y en el caso de las figuras en la parte inferior, en fuente Times New Roman N°. 12. De ser necesario anotaciones sobre su contenido se colocarían en un pie de tabla o figura.





Adjunto al manuscrito debe entregar la Carta de Cesión de Derechos y Declaración de Originalidad, adjunto formato de modelo carta.

Ciudad, País y Fecha

Señores  
Comité Editorial  
Revista Investigaciones Agropecuarias  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad de Panamá  
E. S. D.

Estimados Señores:

Los autores remitimos el trabajo titulado “.....”, para someterlo a consideración de su publicación en la REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS.

Los autores declaramos que el trabajo enviado:

- Es un trabajo original.
- No ha sido previamente publicado en otro medio.
- No ha sido remitido simultáneamente a otra publicación.
- Todos los autores han contribuido intelectualmente en su elaboración.
- Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito remitido.

Si el trabajo es aprobado para su publicación, a través de este documento cedemos a la REVISTA INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS los derechos exclusivos para editar, publicar, reproducir, distribuir copiar, para su divulgación en resumen o en extenso, en versión impresa y/o digital, a través de bibliotecas, índices científicos, catálogos y registros nacionales e internacionales a los cuales esté suscrita la revista.

AUTOR (ES) PRINCIPAL (ES) DEL ARTÍCULO:

Nombre y Apellido, e-mail, área y ORCID

- 1)
- 2)

AUTORES COLABORADORES (Nombres, Apellidos, correos electrónicos, ORCID y área):

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)

Teléfono de contacto:

Email de Correspondencia:

**Nota:** Para mayor información contactarse con la Revista Investigaciones Agropecuarias: 523-3912, 6601-0720

o e-mail: [revistaia\\_fca@up.ac.pa](mailto:revistaia_fca@up.ac.pa) o [editor\\_riafca@up.ac.pa](mailto:editor_riafca@up.ac.pa)

