



INSTITUTO DE INNOVACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 41



**PANAMÁ-2025**  
julio - diciembre



INSTITUTO DE INNOVACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

---

REVISTA CIENTÍFICA N° 41

**PANAMÁ-2025**  
julio - diciembre

Ciencia Agropecuaria: revista científica  
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.  
no. 41 (julio - diciembre, 2025). Panamá, PA. Semestral  
222 p.  
ISSN L 2414-3278  
1. Investigaciones Agrícolas  
2. Investigaciones Pecuarias

Publicación semestral del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) La versión electrónica de la revista Ciencia Agropecuaria, se puede consultar en: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

---

**Editor Principal**

Ismael Camargo Buitrago, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

**Editora Asociada**

Neysa Garrido Calderón, M.Sc. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

**Consejo Editorial**

Román Gordón Mendoza, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Hilda Lezcano, Dra.

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – Universidad de Panamá

Axel Villalobos Córtes, Dr.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Juan C. Martínez González, Dr.

Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) – México.

Pedro Guerra Martínez, M.Sc.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson, Dr.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

**Diseño y Diagramación**

Gregoria del C. Hurtado Chacón

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Melkissedeth Gómez Delgado

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

**Revisión y Traducción de resúmenes**

Rubén D. Collantes G., Dr.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá, EF SET Certificate, nivel C2 Proficient

---

**CONTENIDO**

---

**ARTÍCULOS**

---

- 7-32            **DOSIS ÓPTIMA DE NITRÓGENO PARA LA VARIEDAD DE ARROZ  
IDIAP FL ALANJEÑA-22**  
*Luis A. Barahona-Amores; Rubén D. Samaniego-Sánchez;  
Rubén E. Rodríguez-Navarro*
- 
- 33-54            **CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE ARROZ CRIOLLO:  
ESTADÍSTICAS MULTIVARIADAS EN TOABRÉ, COCLÉ, PANAMÁ**  
*Manuel Jiménez-Montero; Ismael Camargo-Buitrago;  
Carlos Saira-Atencio; Ulfredo Santos-Pineda*
- 
- 55-74            **ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL SUELO AL UTILIZAR  
DIFERENTES COMPONENTES ORGÁNICOS EVALUADOS EN LA  
CASA DE VEGETACIÓN**  
*Jhon Alexander Villalaz-Pérez; Adolfo Santo-Pineda;  
José Ezequiel Villarreal-Núñez; Abiel Gutiérrez-Lezcano*
- 
- 75-96            **PRESENCIA DE MICOTOXINAS EN CEBADA CERVECERA  
(*Hordeum distichum* L.) Y SU RELACIÓN CON HONGOS  
CONTAMINANTES**  
*Yiniveth Pedreschi; Martha de Von Chong;  
José Ángel Herrera-Vásquez; Rito Herrera*
- 
- 97-119            **ÍNDICES ZOTÉCNICOS E INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD  
DE LOS SISTEMAS DOBLE PROPÓSITO**  
*Raúl H. De León-García; Víctor Escudero; Claudia Rivas;  
Anel Martínez; Verónica González*
-

---

120-140      **FACTORES RELACIONADOS CON EL INGRESO POR HECTÁREA DEL SISTEMA VACA-TERNERO, PANAMÁ**  
*Pedro Guerra-Martínez; Carlos I. Martínez-Delgado;  
José L. Bernal-Rosas; María M. De Gracia-Victoria;  
Olegario Ibarra-Guerra*

---

141-153      **IDENTIFICACIÓN DE VARIANTES DEL GEN KAPPA-CASEÍNA DE INTERÉS EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN RAZAS PANAMEÑAS**  
*Axel Villalobos-Cortés; Ginnette Rodríguez-Espino;  
Selma Franco-Schafer*

---

### **NOTAS TÉCNICAS**

---

154-166      **UN ANÁLISIS CERCANO DE HAPLOTIPOS UNIPARENTALES EN LAS RAZAS GUAYMÍ Y GUABALÁ DE PANAMÁ**  
*Axel Villalobos-Cortés; Hilda Castillo; Selma Franco-Schafer*

---

167-179      **DISTRIBUCIÓN DE *Corynothrips stenopterus* Williams (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE) EN YUCA EN PROVINCIAS CENTRALES DE PANAMÁ**  
*Randy Atencio-Valdespino; Alex Vásquez-Osorio;  
Iván Alexis Ramos-Zachrisson; Anovel Amet Barba-Alvarado*

---

### **COMUNICACIÓN CORTA**

---

180-196      **ARTRÓPODOS PLAGAS Y BENÉFICOS EN CAMPOS DE TOMATE EN FRUCTIFICACIÓN EN LOS SANTOS, PANAMÁ**  
*Randy Atencio-Valdespino; Vidal Aguilera-Cogley;  
José Ángel Herrera-Vásquez; Alex Vásquez-Osorio;  
Yolanys Valderrama-Macías*

---

197-211      ***Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), AFECTANDO CULTIVOS DE LECHUGA EN CERRO PUNTA**  
*Rubén D. Collantes G.; Javier E. Pittí C.; Jahzeel Samaniego;  
Jorge Muñoz*

---

212-220      **NORMAS PARA AUTORES**

---

## DOSIS ÓPTIMA DE NITRÓGENO PARA LA VARIEDAD DE ARROZ IDIAP FL ALANJEÑA-22<sup>1</sup>

**Luis A. Barahona-Amores<sup>2</sup>; Rubén D. Samaniego-Sánchez<sup>3</sup>;  
Rubén E. Rodríguez-Navarro<sup>4</sup>**

### RESUMEN

Para optimizar la eficiencia del uso de nitrógeno (N), hay que enfocar su manejo en base a una sincronización adecuada de su balance en el suelo con la demanda de la planta. Este estudio tuvo como objetivo determinar la dosis óptima de nitrógeno para la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22, para un manejo eficiente de la fertilización nitrogenada. El ensayo se realizó en Tonosí, Los Santos, Panamá, durante los meses de agosto a diciembre de los ciclos agrícolas 2021 y 2022. Se evaluaron seis dosis que van de 0 a 250 kg N/ha con P y K constante, utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas. Se evaluó altura de planta, acame, días a floración y maduración, reacción a enfermedades, NDVI, clorofila, %N foliar, cobertura vegetal y rendimiento de grano. Se realizaron análisis de varianza y separación de medias con DMS, análisis de correlación y análisis de regresión no lineal con los modelos Cuadrático (MC), Cuadrático Plateau (CP) y Lineal Plateau (LP). Se encontró diferencia en las variables con respecto a las dosis de N, exceptuando los días a floración y maduración. Las dosis de 100, 150, 200 y 250 kg N/ha mostraron mayor altura de planta, acame, pircularia, pircularia al cuello, manchado de grano, NDVI, clorofila, %N y % cobertura, mientras que no existió diferencia en rendimiento a partir de 100 kg N/ha. La dosis óptima encontrada difiere con el modelo de regresión utilizado, con valores de 101, 136 y 182 kg N/ha con el LP, CP y MC, respectivamente. El modelo CP tuvo una mejor precisión para calcular la dosis óptima de N, con datos más cercanos a cero en la diferencia de los valores observados menos los esperados y un  $R^2$  de 0,97, con respecto a los otros modelos, indicando así que la dosis óptima económica de N para la variedad IDIAP FL Alanjeña-22 es de 126 kg N/ha.

**Palabras clave:** Clorofila, fertilización, NDVI, regresión, rendimiento.

<sup>1</sup>Recepción: 13 de febrero de 2025. Aceptación: 06 de marzo de 2025.

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Azuero (CIA Az). M.Sc. Manejo de suelos y agua. e-mail: [alberline@gmail.com](mailto:alberline@gmail.com);  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5824-7688>

<sup>3</sup>IDIAP, CIA Az. M.Sc. Agricultura ecológica. e-mail: [rubensama15@gmail.com](mailto:rubensama15@gmail.com);  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9910-5678>

<sup>4</sup>IDIAP, CIA Az. Tec. Cultivos agroexportables. e-mail: [rbrodriguez@gmail.com](mailto:rbrodriguez@gmail.com);  
ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0006-5485-7116>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## OPTIMAL NITROGEN DOSE FOR THE IDIAP FL-ALANJEÑA-22 RICE VARIETY

### ABSTRACT

To optimize the efficiency of nitrogen (N) use, its management must be focused on an adequate synchronization of its balance in the soil with the demand of the plant. This study aimed to determine the optimal nitrogen dose for the IDIAP FL Alanjeña-22 rice variety, for efficient management of nitrogen fertilization. The trial was carried out in Tonosí, Los Santos, Panama, during the months of August to December of the 2021 and 2022 agricultural cycles. Six doses ranging from 0 to 250 kg N/ha with constant P and K were evaluated, using a randomized complete block design with three replications. Plant height, lodging, days to flowering and maturation, reaction to diseases, NDVI, chlorophyll, foliar %N, plant cover, and grain yield were evaluated. Variance analysis and mean separation with DMS, correlation analysis and nonlinear regression analysis were performed with the Quadratic (MC), Quadratic Plateau (CP) and Linear Plateau (LP) models. Statistical differences were found in the variables with respect to the N doses, except for the days to flowering and ripening. The doses of 100, 150, 200 and 250 kg N/ha showed greater plant height, lodging, blast, neck blast, grain spotting, NDVI, chlorophyll, %N and % cover, while there was no difference in yields from 100 kg N/ha. The optimal dose found differs with the regression model used, with values of 101, 136 and 182 kg N/ha with LP, CP and MC, respectively. The CP model had a better accuracy in calculating the optimal N dose, with data closer to zero in the difference between the observed values minus the expected values and an  $R^2$  of 0.97, compared to the other models, thus indicating that the optimal economic dose of N for the IDIAP FL Alanjeña-22 variety is 126 kg N/ha.

**Keywords:** Chlorophyll, fertilization, NDVI, regression, yield.

### INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño, donde el consumo anual per cápita es de más de 70 kg/año. En consecuencia, su producción tiene una gran importancia a nivel social, político, económico y en especial en lo relacionado a la seguridad alimentaria del país (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

Para el año 2024, se sembraron alrededor de 86 717 ha, de las cuales el 84% fue bajo el sistema de secano y solo un 16% bajo riego. El rendimiento promedio fue de 4,4



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

t/ha, con una producción total de 374 443 toneladas. El costo de producción por hectárea para esta zafra estuvo en B/. 2 700,00 donde el 21% corresponde al uso de fertilizantes (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2024).

El nitrógeno (N) es el elemento mineral más abundante en la mayoría de los cultivos y el principal factor limitante en la producción de arroz (Gu & Yang, 2022). De los fertilizantes químicos sintetizados de nitrógeno, el 16% se aplica al arroz (Ladha et al., 2016). Las fuentes amoniacales son las más utilizadas en este cultivo, dentro de estas la urea se destaca por ser más económica, accesible al agricultor y con alto contenido de nitrógeno (Scivittaro et al., 2010), al igual que han proporcionado respuestas agronómicas favorables en comparación a otras fuentes de N (Ribeiro Barzan et al., 2022).

El ciclo del N en el campo de arroz es complejo y hay muchos factores que influyen en las reacciones de oxidación/reducción (Coskun et al., 2017). Para optimizar la eficiencia del uso de N en el cultivo de arroz, hay que enfocar su manejo en base a una sincronización adecuada del balance de N en el suelo con la demanda de N por la planta (Dobermann & Fairhurst, 2005). Benintende et al. (2011), reportan valores promedio de nitrógeno absorbido durante todo el ciclo del cultivo para tres cultivares de arroz de 119 kg N/ha. En Uruguay, reportan para el cultivo de arroz absorción de 170 kg/ha de N (Deambrosi & Méndez, 2007). Diversos estudios en Panamá han reportado absorción de N en distintas variedades de arroz que van desde 144 hasta 233 kg/ha de N (Villarreal Barrera, 2018; Barahona Amores et al., 2018; Barahona Amores et al., 2019). Varios investigadores han evaluado la respuesta del cultivo de arroz a distintas dosis de N aplicados, reportando dosis óptimas de 44 kg/ha en la variedad IDIAP 2503, 71 kg/ha en la variedad Colombia XXI, 73 kg/ha en las variedades IDIAP-2503 e IDIAP 3003, 84 kg/ha para la variedad CR-5272 (Villarreal-Núñez et al., 2007); 120 kg/ha en la variedad CR 1113 (Quirós-Herrera & Ramírez-Martínez, 2006); 160 kg/ha en la variedad IN-15 (Zamora, 2012) y 180 kg/ha en la variedad NutriZinc (Zamora Laguna & Díaz Sevilla, 2022).

El objetivo de este trabajo fue determinar la dosis óptima física y económica de nitrógeno en la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22, en condiciones de secano, para un manejo eficiente de la fertilización nitrogenada.

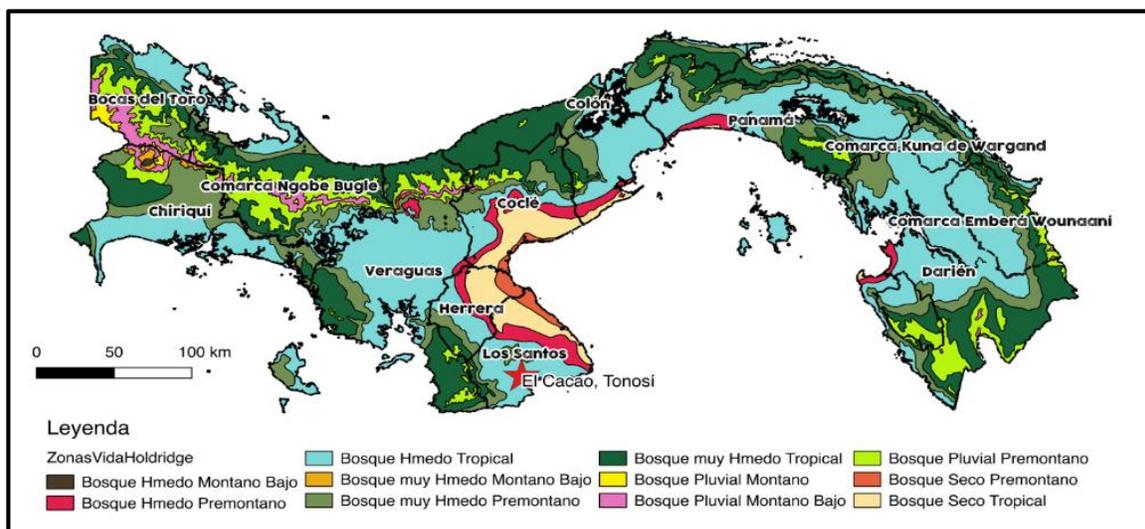


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización geográfica

El estudio se realizó en el Instituto Profesional Técnico Agropecuario de Tonosí (IPTAT), ubicado en el corregimiento de El Cacao, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos, entre los 7°26'03" de latitud Norte y los 80°24'37" longitud Oeste (Figura 1). Los suelos fueron clasificados como Typic Udifluvents, textura franca con régimen de humedad y temperatura Údico, e Isohipertérmico (MIDA, 2015), y dentro de la zona de vida correspondiente a Bosque Húmedo Tropical (Holdridge, 1978).



**Figura 1. Localización geográfica del estudio de dosis óptima de nitrógeno de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1978).**

### Características edafoclimáticas

El contenido de nutrientes según los niveles críticos establecidos por Name & Cordero (1987), presenta niveles altos de calcio (Ca) y magnesio (Mg); niveles medios de potasio (K), fósforo (P), manganeso (Mn), hierro (Fe) y de cobre (Cu); además unos niveles bajos de aluminio (Al) y zinc (Zn). En cuanto a sus características físico-químicas, presenta una textura franco arcillosa, con una coloración en seco pardo amarillo claro, pH poco ácido, una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) media, con una baja saturación de aluminio y una elevada saturación de bases, la cual está dominada por la saturación de calcio (71,2%) y un nivel bajo de materia orgánica (Cuadro 1).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para el 2021, durante el desarrollo del experimento, la precipitación acumulada fue de 813 mm, donde se presentaron periodos de estrés hídrico debido a una escasa precipitación en el mes de septiembre (83 mm), con una temperatura media de 25,7° C, humedad relativa media de 58% y una radiación promedio de 147 watt/m<sup>2</sup>. Para el 2022 la precipitación acumulada fue de 1310 mm, con una temperatura media de 26,1° C, humedad relativa media de 57% y una radiación promedio de 155 watt/m<sup>2</sup> (Cuadro 2).

**Cuadro 1. Características fisicoquímicas del suelo utilizado en el estudio de dosis óptima de nitrógeno, El Cacao, Tonosí.**

P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
<i>mg kg<sup>-1</sup></i>		<i>Cmol(+) kg<sup>-1</sup></i>			<i>mg kg<sup>-1</sup></i>			
40,0	104,5	15,5	5,8	0,2	18,9	53,6	1,8	4,3
Textura	color	CICE	pH	Al	bases	M.O.		
		<i>Cmol(+) kg<sup>-1</sup></i>	1:2.5	<i>% saturación</i>		<i>%</i>		
<i>FRA</i>	<i>Pardo A. C</i>	21,7	6,4	0,92	99,08	0,4		

Fuente: Resultados del Laboratorio de fertilidad de suelos del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), 2021.

**Cuadro 2. Variables climáticas durante el desarrollo del ensayo de dosis óptima de nitrógeno. El Cacao, Tonosí.**

Año	Mes	HR	VV	Rad	Tmin	Tmax	Tmedia	ppt	ppt acum
		<i>%</i>	<i>(m/s)</i>	<i>(w/m<sup>2</sup>)</i>	<i>°C</i>			<i>(mm)</i>	
2021	Agosto	60	0,4	145	22,9	31,2	25,5	187	813
	Septiembre	60	0,3	147	23,2	31,9	25,6	83	
	Octubre	62	0,4	142	23,3	32,9	25,6	294	
	Noviembre	59	0,4	134	22,6	32,3	25,3	216	
	Diciembre	48	0,8	168	23,0	33,7	26,6	33	
2022	Agosto	61	0,3	140	22,2	30,1	26,2	246	1310
	Septiembre	59	0,3	157	21,9	30,3	26,1	263	
	Octubre	61	0,3	139	22,0	30,0	26,0	320	
	Noviembre	62	0,3	134	21,4	29,7	25,6	471	
	Diciembre	40	1,0	205	21,0	32,5	26,8	10	

Nota: HR= humedad relativa, VV= velocidad del viento, Rad= radiación solar, Tmin= temperatura mínima, Tmax= temperatura máxima, Tmedia= temperatura media, ppt= precipitación, ppt acum= precipitación acumulada. Fuente: adaptado de Batista et al. (2021, 2022).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Material genético

Se utilizó la variedad IDIAP FL Alanjeña-22, la cual presenta la floración a los 82 días y maduración a los 109 días después de germinado, por lo que se considera una variedad de ciclo precoz (Cuadro 3). Con altura de planta de 99 cm, capacidad de producir 15 hijos productivos en promedio; tiene un hábito de crecimiento intermedio. Presenta tolerancia a Piricularia al follaje y Cuello de la panícula, Escaldado de la hoja, Helmintosporiosis, Manchado del grano, Espiga erecta y Bacteriosis. Tolerante al acaro *Steneotarsonemus spinki*. Tiene un potencial de rendimiento medio de 5,4 t·ha<sup>-1</sup> en condiciones de secano (Quiros McIntire et al., 2022).

**Cuadro 3. Etapas fenológicas de la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22 en días y tiempo termal.**

Etapa	Fenología	ddg	°C-día	%CC
V <sub>1</sub>	primera hoja verdadera	3 ± 1	54 ± 5	9 ± 2
V <sub>4</sub>	inicio macollamiento	18 ± 1	258 ± 5	20 ± 2
V <sub>8</sub>	máximo macollamiento	36 ± 3	648 ± 7	72 ± 4
V <sub>10</sub> -R <sub>0</sub> (IP)	Primordio	47 ± 3	889 ± 8	86 ± 3
V <sub>13</sub> -R <sub>2</sub>	embuchamiento	67 ± 4	1231 ± 6	92 ± 1
R <sub>4</sub>	floración	82 ± 4	1479 ± 8	93 ± 2
R <sub>6</sub>	grano lechoso	93 ± 4	1656 ± 9	90 ± 1
R <sub>7</sub>	grano pastoso	96 ± 3	1700 ± 10	88 ± 2
R <sub>9</sub>	maduración	109 ± 4	1930 ± 16	65 ± 5

Nota: ddg= días después de germinado, °C·día= Tiempo termal acumulado, %CC= porcentaje de cobertura vegetal.

## Tratamientos

Se evaluaron seis dosis de nitrógeno por hectárea, utilizando Urea (46% N) como fuente, la cual se aplicó de manera fraccionada 20% a los 0 días (el abono de fondo), 25% a los 20 días después de germinado (inicio de macollamiento), 30% a los 40 días después de germinado (macollamiento activo) y 25% a los 50 días después de germinado (inicio de primordio floral), como se muestra en el Cuadro 4.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 4. Dosis de nitrógeno a evaluadas en el experimento**

Tratamiento	Dosis N kg/ha
1 (testigo)	0
2	50
3	100
4	150
5	200
6	250

### Arreglo en campo y manejo

La unidad experimental fue una parcela de 10 hileras de 5 m de longitud, separada a 0.20 m una de la otra (10 m<sup>2</sup>), con una separación de 0.5 m entre tratamientos. La parcela efectiva estuvo constituida por las seis hileras centrales a las que se eliminaron 0,50 m de borde en cada extremo (4,8 m<sup>2</sup>). La densidad de siembra fue 100 kg/ha semilla. Se empleó una fertilización básica de 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizando la fórmula 0-40-0-30(Ca) y 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O utilizando KCl como fuente de K (0-0-60), en donde el total del P y K se aplicó en su totalidad a la siembra. El manejo agronómico en cuanto a control de malezas, insectos y enfermedades se realizó de acuerdo con las tecnologías generadas por el IDIAP para el manejo integrado del cultivo de arroz (Camargo et al., 2014). El sistema utilizado fue en seco (dependiente de las lluvias).

### Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar, con seis tratamientos y tres repeticiones, de acuerdo con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + Rep_i + Trat_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:  $Y_{ij}$  es valor del carácter estudiado;  $\mu$  es la media general;  $Rep_i$  es el efecto de la repetición;  $Trat_j$  = efecto de la dosis de N y  $\varepsilon_{ij}$  es el error experimental.

### VARIABLES DE ESTUDIO

Se midió cobertura vegetal en etapa de hoja bandera ( $V_{13}$ ) con la aplicación canopeo; el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) en etapa  $V_{13}$ , utilizando un dron con cámara multiespectral (DJI phantom multiespectral); la concentración foliar



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de N en  $V_{13}$ , por el método Kjeldahl descrita por Villarreal y Name (1996); contenido de clorofila en  $V_{13}$  (clorofilómetro Minolta SPAD 502®); contenido de N en suelo (medidor portátil ZD tester); se midió altura de planta, acame, piricularia (BI), piricularia al cuello (NBI) y manchado de grano (GID) según el sistema de evaluación estándar para arroz (Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], 1983); producción de biomasa seca y rendimiento grano paddy limpio y seco al 14% humedad.

### **Análisis estadístico**

Para las variables agronómicas y de reacción a enfermedades, se realizó un análisis de varianza y de encontrar diferencias se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), utilizando un alfa de 0,05. Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2020 profesional (Balzarini et al., 2008).

Se determinó el nivel óptimo físico de N, utilizando los modelos de regresión Lineal-Plateau, Cuadrático-Plateau y Cuadrático (Cuadro 5), tomando como referencia los trabajos realizados por Gordón et al. (2004). Para la dosis óptima económica (DOE) se utilizó la metodología CNRT (Crop Nutrient Response Tool), descrita por Ron (2013), tomando como referencia para este cálculo una Tasa mínima de retorno de 15%, el valor por kg de arroz paddy B/.0,54 y el costo por kg de N aplicado en campo de B/.1,72 lo que da una relación de precios de B/.3,75. En el cálculo de la DOE para los modelos Cuadrático-Plateau y Cuadrático se utilizó la ecuación  $DOE = (R-B)/(2C)$ , en donde R es la relación de precios; B es la pendiente inicial o coeficiente lineal ( $\beta_1$ ) y C es la curvatura o coeficiente cuadrático ( $\beta_2$ ). Para el modelo Lineal-Plateau se calculó el intervalo de confianza al 95%, utilizando el límite inferior como DOE según Bachmaier (2012), ya que para este modelo el óptimo económico es igual a la transición de la línea recta creciente a la horizontal (óptimo físico), a menos que la relación de precios sea mayor que el gradiente de la línea recta creciente lo que, sin embargo, normalmente no se aplica.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 5. Modelos de regresión utilizados para el cálculo de la dosis óptima de nitrógeno en la variedad IDIAP FL Alanjeña-22.**

<b>Modelo lineal-Plateau</b>	<b>Modelo cuadrático</b>	<b>Modelo cuadrático-Plateau</b>
$Y = \beta_0 + \beta_1 X$ si $X < C$ $Y = P$ si $X > C$	$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$  Donde: Y= Rendimiento (kg/ha) $\beta_0$ = intercepto $\beta_1$ = coeficiente lineal $\beta_2$ = coeficiente cuadrático X= dosis N (kg/ha)	$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$ si $X < C$ $Y = P$ si $X > C$  Donde: Y= Rendimiento (kg/ha) $\beta_0$ = intercepto $\beta_1$ = coeficiente lineal $\beta_2$ = coeficiente cuadrático X= dosis N (kg/ha) C= dosis crítica de cambio P= rendimiento Plateau

Fuente: adaptado de Gordón et al. (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza

Se encontró respuesta a la aplicación de dosis de nitrógeno en altura de planta, vigor, acame, piricularia al cuello y follaje, manchado de grano, contenido de clorofila, NDVI, contenido de nitrógeno en suelo y follaje, cobertura vegetal, producción de biomasa y rendimiento de grano. Mientras que, para días a floración, días a maduración y la interacción entre las dosis de N y los años, sin diferencia (Cuadro 6).

Las mayores alturas de planta se encontraron con las dosis de 150, 200 y 250 kg N/ha, donde partir de los 150 kg N/ha, esta altura sobrepasa el tamaño promedio reportado por Quirós McIntire et al. (2022) para esta variedad (99 cm). Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez & Dorta (2003) y los de Zamora & Díaz (2022), donde a medida que aumentaban la dosis de N se incrementaba la altura de la planta de arroz, pero difieren con Espinoza Larreta (2014), sin diferencia en alturas de planta en arroz utilizando distintas dosis de N aplicadas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 6. Valores medios, significancia del análisis de varianza combinado (2 años) y separación de medias por DMS ( $\alpha$  0,05).**

kg N/ha	Altura	flor	Mat	Acame	BI	NBI	GID	NDVI	SPAD	N foliar	N suelo	CC	Biomasa	Rend
	cm	días			Escala 0-9			unidad	%	mg/kg	%	t/ha		
0	92	83	113	1,0	2,0	1,7	2,5	0,50	27,1	1,2	31,0	57,5	4,5	2,2
50	94	82	112	1,0	2,0	1,8	2,5	0,54	32,3	1,9	33,0	72,7	8,2	4,0
100	98	81	111	1,0	1,5	1,8	2,7	0,71	35,3	2,7	41,3	88,3	14,3	5,5
150	104	81	111	1,2	1,8	2,3	3,2	0,73	37,9	2,8	41,3	92,0	17,1	5,6
200	106	80	110	1,5	2,7	2,8	2,8	0,82	39,0	2,8	40,7	93,7	19,6	5,5
250	108	81	111	2,2	2,8	3,0	3,0	0,83	39,9	2,9	40,3	94,7	20,4	5,5
Media	100,3	81,2	111,2	1,3	2,1	2,3	2,8	0,7	35,3	2,4	37,9	83,1	14,0	4,7
CV%	1,4	0,6	0,5	15,7	8,2	12,2	10,7	4,7	6,2	7,7	6,0	1,7	5,3	2,7
P-valor	<0,01	0,061	0,063	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DMS	2,5	3,0	3,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,1	4,0	0,7	4,2	2,5	1,4	0,2

Nota: flor= días a floración, Mat= días a maduración, BI= pircularia, NBI= pircularia al cuello, GID= manchado de grano, NDVI= índice diferencial de vegetación normalizado, SPAD= contenido de clorofila, CC= cobertura vegetal, Rend= rendimiento de grano, CV= coeficiente de variación, P-valor= probabilidad, DMS= diferencia mínima significativa.

Independientemente de la cantidad de nitrógeno que se aplicó, el tiempo que tardó la planta en completar su ciclo de desarrollo fue el mismo, con valores similares para días a floración que van de 80 a 83 y días a maduración entre 110 y 113. Estos datos coinciden con los reportados por Quirós McIntire et al. (2022), donde reporta días a floración de  $82 \pm 4$  y días a maduración de  $109 \pm 4$  para la IDIAP FL Alanjeña-22. Resultados similares reportan Gabrielli & Pintos (2013), quienes no encontraron diferencia en los días a floración con diferentes dosis de N aplicadas al cultivo de arroz.

En dosis de 0 hasta 150 kg N/ha, el acame estuvo ausente, mientras que dosis altas (200 y 250 kg N/ha), mostraron plantas acamadas. Dobermann & Fairhust (2005) y Riveros & Rodríguez (2010), indican que aplicaciones excesivas de N provocan volcamiento causado por la producción de tallos largos y delgados, mientras que Solís Vera (2024), menciona los excesos de N en arroz provoca un crecimiento excesivo acarreado problemas de acame. Gutiérrez (2011), reporta que los tratamientos con mayor dosis de N presentaron menor resistencia al acame en el cultivo de arroz.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En cuanto la reacción a Piricularia al follaje (BI), los menores valores se presentaron en dosis de 100 a 150 kg N/ha, siendo diferente a los observados en dosis bajas (0 y 50 kg N/ha) y altas (200 y 250 kg N/ha). Huichuan et al. (2017), mencionan que, en condiciones de alta disponibilidad de nitrógeno, la severidad de Piricularia aumenta, mientras que Martínez et al. (2022), indican que dentro de los factores más determinantes en la incidencia y severidad de patógenos como la Piricularia está el desbalance nutricional.

A partir de los 150 kg N/ha, los valores de Piricularia al cuello (NBI), fueron superior a los presentados con las dosis más bajas. Estos resultados difieren con los reportados por Gutiérrez (2011), quien encontró similitud en valores de Piricularia al cuello utilizando distintos niveles de fertilización nitrogenada en arroz.

En manchado de grano (GID), la utilización de altas dosis de nitrógeno (superior a 150 kg N/ha), mostraron los valores más elevados. Pinciroli et al. (2004) y Gutiérrez (2011), encontraron que mayores niveles de N implicaban mayor incidencia en el manchado de granos en arroz. Córdoba (2024), reportan similitudes significativas por manchado de grano, pero observaron los mayores valores del manchado en la dosis alta de nitrógeno.

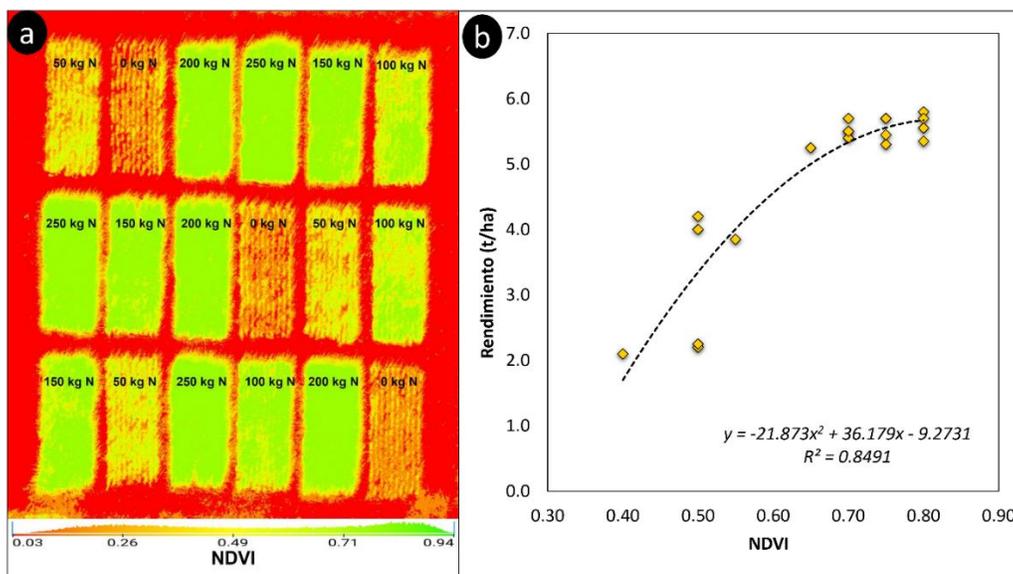
Los mayores valores de NDVI se presentaron con dosis desde 100 hasta 250 kg N/ha, siendo estos valores distintos a los observados en las dosis bajas (0 y 50 kg N/ha) (Figura 2a). Se determinó que a mayores valores de NDVI se presentó mayor rendimiento de grano (Figura 2b). Marchesi & Castillo (2016), reportan que el NDVI tomado después del primordio floral es un buen indicador para determinar el rendimiento en el cultivo de arroz, mientras que Barrero Mendoza & Castilla Lozano (2019), encontraron una alta correlación entre el NDVI y la cantidad de N aplicado. Coincidiendo con Córdoba (2024), quien reporta que a dosis altas de nitrógeno se observó valores mayores NDVI siendo significativamente diferente a dosis medias y bajas aplicadas al cultivo de arroz.

Los valores del clorofilómetro fueron superiores en las dosis de 150 a 250 kg N/ha, con lecturas entre 38 y 40 unidades SPAD, mostrando una correlación positiva con los valores NDVI ( $r: 0,87$ ), contenido foliar de N ( $r: 0,84$ ) y con rendimiento ( $r: 0,89$ ). Trabajos realizados por Hernández & Luna (2014) y Pocojeski et al. (2015), encontraron una



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

correlación positiva entre el contenido de N en las hojas de arroz y la lectura del clorofilómetro. Garcés & Castilla (2015), igualmente encontraron que a mayor cantidad de N mayor valores SPAD, sin embargo, consideran que 35 es un valor mínimo en el cual se debe planificar la fertilización nitrogenada (valor obtenido en este estudio a dosis de 100 kg N/ha), y que valores por debajo del mínimo (35 unidades SPAD) pueden llevar a la planta de arroz a un estado de estrés afectando su potencial de producción.



**Figura 2. Orthomosaico con valores de NDVI en distintas dosis de N aplicado (a) y regresión de los rendimientos de granos según valores NDVI en etapa de hoja bandera (V<sub>13</sub>).**

El contenido de N foliar fue mayor en las dosis desde 100 kg N/ha hasta 250 kg N/ha con valores entre 2,7 y 2,9%, con respecto a las dosis de 0 a 50 kg N/ha (1,2 y 1,9%, respectivamente). Villarreal-Núñez et al. (2007), mencionan diferencia en el contenido foliar de N respecto a dosis crecientes de N evaluadas. Molina & Rodríguez (2012), encontraron que las dosis superiores a 80 kg N/ha presentaron valores por encima de 2,5%. El rango óptimo de contenido de N en la etapa de hoja bandera esta entre 2,2 y 3,0%, con un nivel crítico para la deficiencia <2,0% de nitrógeno (Dobermann & Fairhurst, 2005).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La cobertura vegetal a partir de los 150 kg N/ha fue mayor al 90%, siendo estadísticamente superior a las dosis de 0 hasta 100 kg N/ha. Córdoba (2024), reporta que con dosis altas y medias de nitrógeno se obtuvieron mayores porcentajes de cobertura vegetal siendo diferente que a dosis bajas, similar a lo reportado por Castillo y Silva (2020), donde a dosis media y alta (100 y 150 kg N/ha), presentaron mayor cobertura vegetal en arroz, superior a las observadas con dosis bajas (0 y 50 kg N/ha). Elevadas dosis de N pueden producir un sombreado entre sus hojas por el crecimiento vegetativo excesivo, lo cual puede incrementar el número de hijos improductivos (Dobermann & Fairhurst, 2005).

La producción de biomasa se incrementó con las dosis crecientes de nitrógeno, donde el testigo (0 kg N/ha) obtuvo 4,5 t/ha y la mayor dosis evaluada (250 kg N/ha) produjo 20,4 t/ha, mostrando una correlación positiva ( $r: 0,82$ ). Pérez & Dorta (2003) y Alfonso et al. (2012), expresan que a mayor dosis de nitrógeno aplicado aumentaba la producción de biomasa en distintas variedades de arroz, sin representar un aumento en el rendimiento.

Hubo respuesta significativa en el rendimiento a la aplicación de nitrógeno, con un rendimiento medio de 5,7 t/ha con 150 kg N/ha, siendo similar a los obtenidos en las dosis de 100, 200 y 250 kg N/ha, indicando que a partir de los 100 kg N/ha no se incrementaron los rendimientos con mayores aplicaciones de N. Diversos autores han encontrado respuestas a los rendimientos máximos en arroz con dosis de N que varían desde 60 kg/ha (Pérez & Dorta, 2003), 80 kg/ha (Villarreal-Núñez et al., 2007), 100 kg/ha (Garcés & Castilla, 2015; Arias Badilla et al., 2020), 120 kg/ha (Hernández & Luna, 2014; Zamora & Díaz, 2022), 140 kg/ha (Flores, 2017) y 180 kg/ha (González & Brenes, 2021). Estos resultados reafirman lo descrito por Dobermann & Fairhurst (2005), quienes describen que la respuesta del rendimiento de arroz a la fertilización nitrogenada depende de la variedad utilizada, tipo de suelo, condiciones climáticas, tipo de fertilizante, época de aplicación, sistema de cultivo y método de aplicación.

### **Análisis de Regresión**

La dosis óptima de nitrógeno obtenidas variaron según el modelo de regresión utilizado, las cuales estuvieron en 101 kg N/ha con el modelo Lineal Plateau, 136 kg N/ha con el modelo Cuadrático Plateau y 182 kg N/ha con el modelo Cuadrático. Resultados



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

similares fueron reportados en maíz por Gordon et al. (2004) y Pagani et al. (2008), donde obtuvieron dosis óptimas de nitrógeno menores, medias y mayores utilizando los modelos Lineal Plateau, Cuadrático Plateau y Cuadrático respectivamente.

Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), fueron similares en los tres modelos evaluados, presentando un buen ajuste que explica más del 95% de la variación del rendimiento en función de las dosis de nitrógeno (Figura 3), indicando que bajo este parámetro cualquiera de los tres modelos podrían ser empleados para calcular la dosis de nitrógeno. Esto sugiere que utilizar el coeficiente de determinación como criterio de selección para elegir el mejor modelo es limitado, tal como lo mencionan Rebolledo Robles (1998) y Martin et al. (2016).

A fin de evaluar la aptitud de los tres modelos para describir los conjuntos de datos, se realizó un análisis de residuales (diferencia entre los valores predichos y observados), para cada uno de ellos (Cuadro 7), tal como lo describe Gordon et al. (2004) y Pagani et al. (2008), observando que el modelo Cuadrático Plateau presenta los valores cercanos a cero (-3,6) en relación a los otros modelos, lo que indica que bajo este parámetro es el modelo con mayor precisión, como lo describen Cerrato & Blackmer (1990).

Por otro lado, a cada modelo de regresión se le estimó su varianza (Cuadro 7), observando que al contrario de lo que ocurre con los valores de los  $R^2$ , las varianzas muestran notables diferencias, donde al igual con lo ocurrido con el parámetro de los residuos, el modelo Cuadrático Plateau mostró una varianza menor, respecto al modelo Lineal Plateau y Cuadrático. Según lo indica Rebolledo Robles (1998), es lógico concluir que mientras más pequeño es el valor de la varianza de un determinado modelo de regresión, mejor es el ajuste del modelo a los datos experimentales, menor es el sesgo y mejor es la explicación que dicho modelo hace del fenómeno que se está estudiando. Balzarini et al. (2008), indican que la comparación de modelos alternativos de regresión no lineal se basa en varios criterios y que en general se busca que el valor de la varianza sea lo menor posible.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

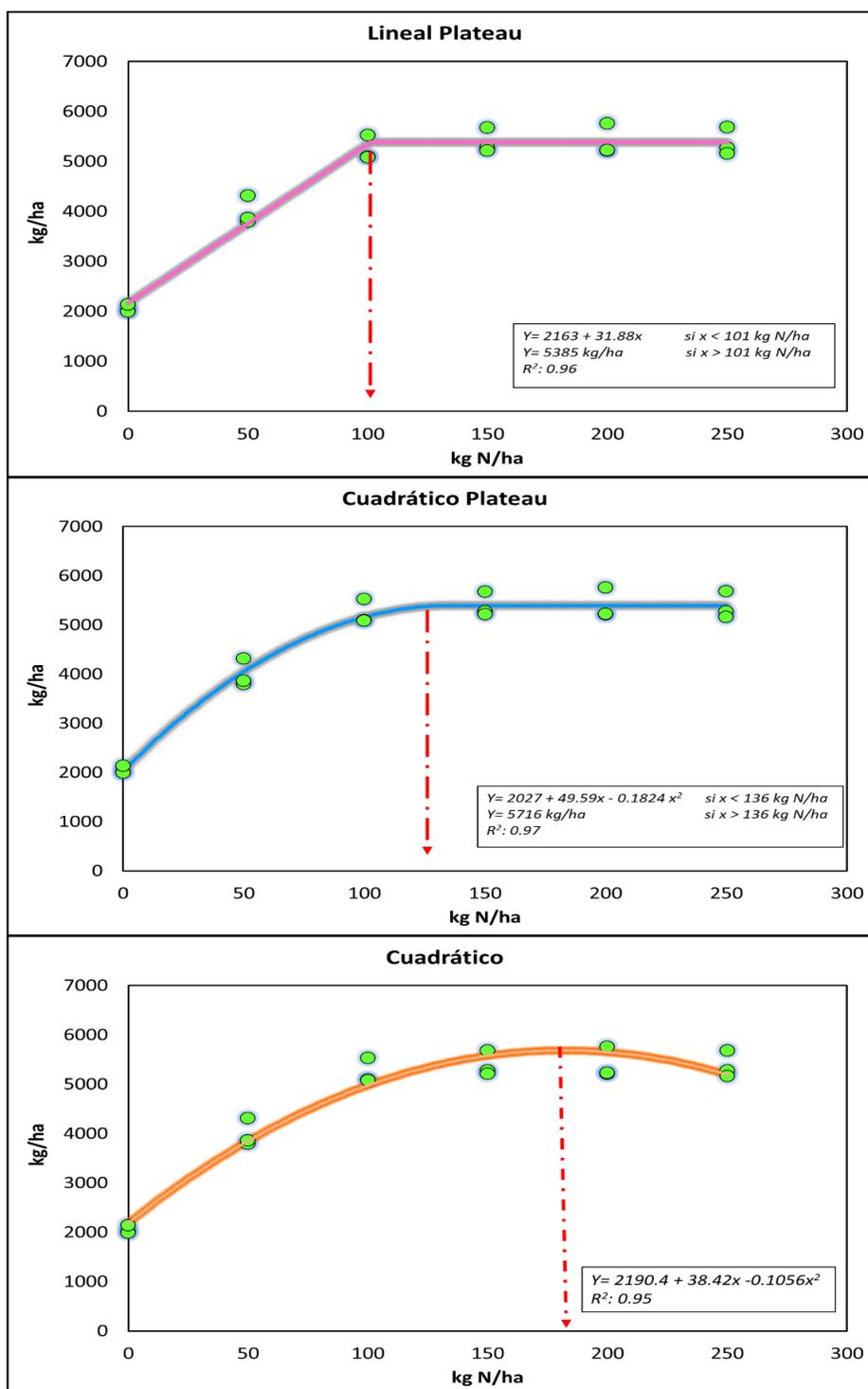


Figura 3. Regresión y ajuste de los modelos utilizados para el cálculo de la dosis óptima de nitrógeno en la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 7. Parametros evaluados en los modelos de regresion utilizados para el el cálculo de la dosis optima de nitrógeno en la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22.**

Modelo	Coeficientes de regresión									
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	Rend máximo		$R^2$	$\Sigma e$	$\sigma^2$	DOF	DOE
				físico	Eco					
Lineal Plateau	2163	31,9		5385	4896	0,96	-35	67852	101	86
Cuadrático Plateau	2027	49,6	-0,1824	5716	5380	0,97	-3,6	47227	136	126
Cuadrático	2190	38,4	-0,1056	6011	5648	0,95	17,7	87327	182	164

Bajo los criterios de análisis de residuos y estimación de la varianza, se selecciona el modelo Cuadrático Plateau para las dosis optimas, por ser el de mayor precisión, el cual determinó la dosis optima física en 136 kg N/ha con un rendimiento máximo de 5716 kg/ha de grano y una dosis optima económica de 126 kg N/ha con un rendimiento máximo de 5380 kg/ha de grano (Cuadro 7). Cerrato & Blackmer (1990), Gordón et al. (2004) y Pagani et al. (2008), identificaron que el modelo Cuadrático Plateau tenían mejor precisión y representaron mejor la relación entre las dosis de nitrógeno y el rendimiento. Contrario a esto Salvagiotti et al. (2011), prefieren el modelo Cuadrático sobre el Cuadrático Plateau para estimar la respuesta del rendimiento a la fertilización nitrogenada, mientras que Martín et al. (2016), indican que el modelo discontinuo Lineal Plateau resulta más adecuado en el sistema de recomendación de dosis óptimas de fertilizantes nitrogenados, por ser conservador.

## CONCLUSIONES

- Las altas dosis de nitrógeno aplicadas tuvieron un efecto negativo en el cultivo del arroz en lo referente a la incidencia de enfermedades y en el acame.
- Los modelos de regresión utilizados difieren en determinar las dosis optimas, siendo el modelo Cuadrático Plateau el que presentó una mejor precisión.
- La dosis optima económica de nitrógeno para la variedad de arroz IDIAP FL Alanjeña-22 para un suelo entisol, en condiciones de secano es de 126 kg N/ha, estimada con el modelo Cuadrático Plateau.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## REFERENCIAS

- Alfonzo, N., España, M., López, M., Cabrera-Bisbal, E., & Abreu, P. (2012). Eficiencia de uso del nitrógeno en arroz de secano en un suelo ácido del occidente del estado guárico. *Agronomía Trop.*, 61(3), 215-220. <https://ve.scielo.org/pdf/at/v61n3-4/art04.pdf>
- Arias Badilla, I., Esquivel, E., & Campos, R. (2020). Evaluación de la densidad de siembra y nivel de fertilización en arroz, para las variedades Palmar-18, Lazarroz FL y NayuribeB FL, en Parrita (Pacífico Central), Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 33(3), 13-24. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v33n3/0379-3982-tem-33-03-13.pdf>
- Balzarini M. G., González L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J. A., & Robledo C. W. (2008). InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10346/Manual\\_INFOSTAT\\_2008.pdf](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10346/Manual_INFOSTAT_2008.pdf)
- Barahona Amores, L. A., Villarreal Núñez, J. E., González carrasco, W., & Quiros McIntire, E. (2019). Absorción de nutrientes en arroz en un suelo inceptisol bajo riego en Coclé, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 407-424. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33997>
- Barahona Amores, L. A., Villarreal Núñez, J., Samaniego Sánchez, R., & Quiros McIntire, E. (2018). Absorción de nutrientes de dos variedades de arroz en un suelo entisol bajo secano en Tonosí-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (28), 56-74. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/6/4>
- Barrero Mendoza, O., & Castilla Lozano, L. (2019). Valiosos aportes del uso de drones en la evaluación de la nutrición y el rendimiento del arroz. *Revista Arroz*, 67(541), 26-34. [https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista\\_541.pdf](https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_541.pdf)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Bachmaier, M. (2012). Sources of inaccuracy when estimating economically optimal N fertilizer rates. *Agricultural Sciences*, 3(3), 331-338.

<http://doi.org/10.4236/as.2012.33037>

Batista, A., Ávila, A., Batista, E., & Domínguez, J. (2021). *Boletín de las variables climáticas en la Región de Azuero*. Red Agroclimática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.

Batista, A., Ávila, A., Batista, E., & Domínguez, J. (2022). *Boletín de las variables climáticas en la Región de Azuero*. Red Agroclimática. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.

Benintende, S., Benintende, M., Battista, J. D., Saluzzio, M., Sánchez, C., Sterren, M., & Faccendini, N. (2011). Estimación de la mineralización y fijación biológica del nitrógeno en suelos inundados para optimizar su utilización en cultivo de arroz y minimizar el daño ambiental. *Rev. Ciencia, Docencia y Tecnología*, 1(1), 1-15.

[https://www.revistacdyt.uner.edu.ar/suplemento/wp-content/uploads/file/trabajos-completos/2091\\_benintende\\_final10.pdf](https://www.revistacdyt.uner.edu.ar/suplemento/wp-content/uploads/file/trabajos-completos/2091_benintende_final10.pdf)

Camargo Buitrago, I., Quiros McIntire, E., & Zachisson Salamina, B. (2014). *Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<http://www.idiap.gob.pa/download/innovacion-tecnologica-para-el-manejo-integrado-del-cultivo-de-arroz-en-panama/?wpdmdl=1838>

Castillo, G., & Silva, B. (2020). *Eficiencia de uso y respuesta en rendimiento a diferentes dosis de N del cultivar de arroz para sobre distintos antecesores invernales*. [tesis de grado, Universidad De La República].

<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/29120/1/CastilloRia%C3%B1oGustavo.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1983). *Sistema de evaluación estándar para arroz*. Cooperación IRRI-CIAT.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/90822293-f0cb-4f15-a871-e160a5d2ca3f/content>

Cerrato, M., & Blackmer, A. (1990). Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, 82(1), 138-143.

<https://doi.org/10.2134/agronj1990.00021962008200010030x>

Cordoba, V. (2024). *Evaluación de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno en líneas avanzadas de arroz bajo riego para mejorar la sostenibilidad de la producción*. [Tesis de maestría no publicada]. Universidad de Panamá.

Coskun, D., Britto, D., Shi, W., & Kronzucker, H. (2017). How Plant Root Exudates Shape the Nitrogen Cycle. *Journal Plant Science*, 22(8), 661-673.

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.05.004>

Deambrosi, E., & Méndez, R. (2007). *Respuesta de cultivares de arroz de tipo Indica a densidades de siembra y aplicaciones de nitrógeno en la zona este de Uruguay*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2909/1/18429240309122449.pdf>

Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2005). Manejo del nitrógeno en arroz. *Rev. Informaciones agronómicas*, (58), 1-6. <https://es.scribd.com/document/623219996/Manejo-Del-Nitrogeno-en-Arroz>

Espinoza Larreta, P. D. (2014). *Efecto de la aplicación de dosis altas y bajas de nitrógeno en combinación con cuatro niveles de ácidos húmicos de degradación lenta en arroz*. [Tesis de grado, Universidad De Guayaquil].

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d68301ac-4daa-4f79-bf3a-7a7e18c61e4f/content>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Flores, Jhen (2017). *Efecto de cuatro niveles de nitrógeno, en tres densidades de siembra directa al voleo del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) cv INIA 507 la conquista, bajo riego en la provincia de Tocache San Martín*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria De La Selva].

<https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/64a2fc8e-20b7-418d-b543-16838250715f/content>

Gabrielli, A. L., & Pintos, F. G. (2013). *Respuesta a nitrógeno del cultivar inia olimar según tipo de riego y sistematización*. [Tesis de grado, Universidad De La República].

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4206/1/Tesis-Gabrielli-Pintos-2013.pdf>

Garcés, G., & Castilla, L. (2015). Uso del clorofilometro (índice de verdor) como estrategia en la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz. *Revista Arroz*, 63(517), 34-43.

[https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista\\_517\\_F4dAKTE.pdf](https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_517_F4dAKTE.pdf)

González, L., & Brenes, K. (2021). *Evaluación de tres niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra para el genotipo de arroz (Oryza sativa) Milyang23 en el Valle de Sébaco-Matagalpa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/18626/1/18626.pdf>

Gordón, R., Franco, J., & González, A. (2004). Determinación de la dosis física y económica de nitrógeno para el cultivo de maíz con tres modelos de respuesta, Azuero, Panamá, 2000-2002. *Ciencia Agropecuaria*, (15), 1-16.

<http://www.idiap.gob.pa/download/ciencia-agropecuaria-15-2004/?wpdmdl=947>

Gu, J., & Yang, J. (2022). Nitrogen (N) transformation in paddy rice field: Its effect on N uptake and relation to improved N management. *Journal Crop and Environment*, 1(1), 7-14. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.03.003>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Gutiérrez, V. (2011). *Evaluación de cinco niveles de nitrógeno en tres densidades de siembra, sobre el comportamiento agronómico, productivo e industrial del cultivo de arroz (oryza sativa, l) material promisorio "LP-5"*. [Tesis de grado, Tecnológico De Costa Rica].

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/4022/Evaluaci%C3%B3n%20de%20cinco%20niveles%20de%20nitr%C3%B3geno%20en%20tres%20densidades%20de%20siembra%2C%20sobre%20el%20comportamiento%20agron%C3%B3mico%2C%20productivo%20e%20industrial%20del%20cultivo%20de%20arroz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández León, F., & Luna Santa, J. (2014). La importancia del clorofilómetro (SPAD) en el cultivo del arroz. *Revista Arroz*, 62(512), 38-42. [https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista\\_512\\_aprobada\\_1.pdf](https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/Revista_512_aprobada_1.pdf)

Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícola. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>

Huichuan, H., Thuy, T., Xiahong, H., Antoine, G., Stéphane, B., Elsa, B., & Jean-Benoit, M. (2017). Increase of Fungal Pathogenicity and Role of Plant Glutamine in Nitrogen Induced Susceptibility (NIS) To Rice Blast. *Frontiers in Plant Science*, 8(265), 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00265>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2009). *Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz de Panamá: hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad*. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18962/BVE21108059e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ladha, J. K., Tirol-Padre, A., Reddy, C. K., Cassman, K. G., Verma, S., Powlson, D. S., Van Kessel, C., Ritcher, D., Chakraborty, D. & Pathak, H. (2016). Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Journal Scientific Reports*, 6, 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep19355>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Marchesi, C., & Castillo, J. (2016). *Índice verde (ndvi), indicador del status nitrogenado del cultivo*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/9876/1/SAD-766p21-24.pdf>

Martín, G., Pérez, A., Rivera, R., Bustamante, C., Viñals, R., & Varela, M. (2016). Comparación de dos modelos de respuesta a dosis de nitrógeno en maíz y café. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 155-164. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2631.8322>

Martínez Bautista, A., Osorio Hernández, E., & Patishtan, J. (2022). Incremento de la patogenicidad de hongos en arroz bajo condiciones de desbalance nutricional. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 2006-2019.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2726](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2726)

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2015). *Estudio, diseño y construcción del proyecto integral y multipropósito para el desarrollo agropecuario del Valle de Tonosí, provincia de Los Santos*. Hidalgo e Hidalgo constructores.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2024). *Cierre Agrícola: Año agrícola 2023-2024*. Dirección de Agricultura.  
<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2024/09/CierreAgricola2023-2024.pdf?csrt=6949662859158490282>

Molina, E., & Rodríguez, J. (2012). Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. cfx 18 en Guanacaste. *Agronomía Costarricense*, 36(1), 39-51. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v36n1/a03v36n1.pdf>

Name, B., & Cordero, A. (1987). Alternativas para uso y manejo de suelos ácidos en Panamá. *Compendio de los resultados de Investigación presentados en la II Jornada Científica*. Santiago, Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Name, B., & Villarreal, J. (2004). *Compendio de resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. [https://www.researchgate.net/publication/279192667\\_Compendio\\_de\\_Resultados\\_de\\_Investigacion\\_del\\_Programa\\_de\\_Suelos\\_del\\_IDIAP](https://www.researchgate.net/publication/279192667_Compendio_de_Resultados_de_Investigacion_del_Programa_de_Suelos_del_IDIAP)
- Pagani, A., Echeverría, H., Sainz, H., & Barbieri, P. (2008). Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste Bonaerense. *Ciencia Del Suelo*, 26(2), 183-193. <https://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v26n2/v26n2a09.pdf>
- Pérez, D., & Dorta, P. (2003). *Determinación de la dosis óptima de nitrógeno para las variedades de arroz fonaiap 1, zeta 15 y fedearroz 50 en epoca de lluvias*. [Tesis de grado, Universidad Central De Venezuela]. [https://www.researchgate.net/publication/48223664\\_Determinacion\\_de\\_la\\_dosis\\_optima\\_de\\_nitrogeno\\_para\\_las\\_variedades\\_de\\_arroz\\_FONAIAP\\_1\\_ZETA\\_15\\_Y\\_FEDEARROZ\\_50\\_en\\_epoca\\_de\\_lluvias](https://www.researchgate.net/publication/48223664_Determinacion_de_la_dosis_optima_de_nitrogeno_para_las_variedades_de_arroz_FONAIAP_1_ZETA_15_Y_FEDEARROZ_50_en_epoca_de_lluvias)
- Pincirolí, M., Sisterna, M., Bezus, R., & Vidal, A. (2004). Manchado del grano de arroz: efecto de la fertilización nitrogenada. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 88-96. [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15680/Documento\\_completo\\_pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/15680/Documento_completo_pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pocojeski, E., Silva, L. S., Kaefer, S., Moro, V. J., & Griebeler, G. (2015). Uso do clorofilômetro no monitoramento nutricional de arroz irrigado com vistas ao manejo da adubação nitrogenada. *Rev. Ceres, Viçosa*, 62(3), 310-318. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562030011>
- Quiros McIntire, E., Barahona Amores, L., & Camargo García, V. (2022). *IDIAP Alanjeña-22: Tecnología varietal para los sistemas de secano y riego de Panamá*. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP\\_FL\\_ALANJE%C3%91A\\_22.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/IDIAP_FL_ALANJE%C3%91A_22.pdf)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Quirós-Herrera, R., & Ramírez-Martínez, C. (2006). Evaluación de la fertilización nitrogenada en arroz inundado. *Rev. Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 179-188. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5158/4958>
- Rebolledo Robles, H. H. (1998). Estimación de diferentes modelos de regresión a experimentos de fertilización y su comparación con fines de generar recomendaciones optimas económicas. I. Casos con un factor. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 247-258. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316308.pdf>
- Ribeiro Barzan, R., Sandoval Contreras, H. A., & Osorio García, N. A. (2022). Fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento inicial de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano. *Rev. Acta Agronómica*, 71(4), 405-409. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.92480>
- Riveros, G., & Rodríguez, N. (2010). La fisiología de la planta y la productividad del cultivo. En Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina* (págs. 100-117). Editado por Victor Degiovanni; Cesar Martinez y Francisco Motta. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/2010\\_Degiovanni-Produccion\\_eco-eficiente\\_del\\_arroz.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf)
- Ron, M. d. (2013). Descubriendo la herramienta CNRT (Crop Nutrient Response Tool). *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 9, 21-25. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2013/03/21.pdf>
- Salvagiotti, F., Castellarín, J., Ferraguti, F., & Pedrol, H. (2011). Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz según potencial de producción y disponibilidad de nitrógeno en la región Pampeana Norte. *Ciencia Del Suelo*, 29(2), 199-212. [https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_29n2/Salvagiotti%20et%20al%20pags%20199-.pdf](https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_29n2/Salvagiotti%20et%20al%20pags%20199-.pdf)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Scivittaro, W., GonçalvesII, D. R., ValeII, M. L., & RicordiIII, V. G. (2010). Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. *Rev. Ciência do Solo, Cienc. Rural*, 40(6), 1283-1289. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000600007>

Solís Vera, Jhon (2024). *Prácticas agronómicas empleadas para prevenir el acame en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. [Tesis de grado, Universidad Técnica De Babahoyo].

<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16153/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000122.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villarreal Barrera, A. M. (2018). *Respuesta a cuatro niveles de nitrógeno y curvas de absorción de nutrimentos para la variedad de arroz UP80FL, bajo condiciones de secano en dos localidades*. [Tesis de maestría, Universidad De Panamá]. <https://up-rid.up.ac.pa/1598/1/ana%20villarreal.pdf>

Villarreal, J., & Name, B. (1996). *Técnicas analíticas del laboratorio de suelos del IDIAP*. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá.

Villarreal-Núñez, J., Name-Tuñon, B., Smith, J., & Quirós-Valdez, E. (2007). Dosis óptima para la fertilización nitrogenada del arroz, en la región central de Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 18(1), 115-127.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/5042/4849>

Zamora Laguna, E. J., & Díaz Sevilla, O. G. (2022). *Evaluación de cuatro niveles de nitrógeno y tres dosis de siembra en arroz (Oryza sativa L.) var. NutreZinc en el Valle de Sébaco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria].

<https://repositorio.una.edu.ni/4491/1/tnf04z25.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Zamora, J. (2012). *Efectos de densidades de siembra y niveles de nitrógeno, en el rendimiento de la línea promisorio de arroz Go-38426 en condiciones de riego*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo].

<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/967/T-UTB-FACIAG-AGR-000173.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE ARROZ CRIOLLO: ESTADÍSTICAS MULTIVARIADAS EN TOABRÉ, COCLÉ, PANAMÁ<sup>1</sup>

**Manuel Jiménez-Montero<sup>2</sup>; Ismael Camargo-Buitrago<sup>3</sup>; Carlos Saira-Atencio<sup>4</sup>;  
Ulfrido Santos-Pineda<sup>5</sup>**

### RESUMEN

En Panamá, el sistema tradicional de siembra de arroz criollo en el ciclo de producción 2018-2019 incluyó a 23 530 productores, con 25 550 ha sembradas, con una cosecha promedio de 2,28 t ha<sup>-1</sup>. El objetivo fue caracterizar morfoagronómicamente 36 accesiones de arroz criollo de Toabré (Penonomé) y verificar su variabilidad genética mediante estadísticas multivariadas. El estudio se realizó en el Valle de San Miguel (Coordenadas: 08°47'49,6" N; 080°18'31,3" W), provincia de Coclé, Panamá. El material genético consistió en 36 accesiones colectadas entre productores de 15 comunidades de Toabré. La unidad experimental fue de 2 x 3 m (6 m<sup>2</sup>), con una separación entre surcos de 0,40 m y 0,30 m entre plantas. Fueron evaluadas características cuantitativas (12) y cualitativas (20). Las variables cuantitativas y cualitativas se graficaron en componentes principales. Las relaciones de similitud fueron determinadas por análisis de conglomerados, basados en distancia Euclidiana y agrupamiento UPGMA. Se generaron dendogramas con el agrupamiento UPGMA y la distancia de Gower. Se hizo el análisis combinado de las variables cuantitativas y cualitativas para la obtención de los dendogramas. Las características morfoagronómicas de las accesiones de arroz criollo colectadas mostraron la diversidad genética existente. Los análisis multivariados aplicados por separado a las variables cualitativas, a las cuantitativas y la combinación de ambas, permitieron agrupar las accesiones de arroz en grupos de similaridad. Los análisis de similaridad de las características cuantitativas, cualitativas y la combinación de ambas mostraron dendogramas con cinco agrupamientos, lo que sugiere que algunas accesiones que presentaron nombres diferentes de acuerdo con la comunidad de colecta parecen ser similares. Se concluye que la diversidad genética del arroz criollo del corregimiento de Toabré fue confirmada con la caracterización morfoagronómica mediante estadísticas multivariadas.

**Palabras clave:** Agrobiodiversidad, conglomerados, conservación *in situ*, relación de similitud, variación fenotípica.

<sup>1</sup>Recepción: 13 de marzo de 2025. Aceptación: 28 de marzo de 2025. Este trabajo formó parte del Proyecto de Investigación "FID 17-064", financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT).

<sup>2</sup>Fundación Toabré. e-mail: [jjimenezmm@gmail.com](mailto:jjimenezmm@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4386-9016>

<sup>3</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). e-mail: [camargo.ismael@gmail.com](mailto:camargo.ismael@gmail.com);

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4199-0621>

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. e-mail: [carlossuira.10h.2012@gmail.com](mailto:carlossuira.10h.2012@gmail.com);

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0126-3008>

<sup>5</sup>IDIAP. e-mail: [uspineda08@hotmail.com](mailto:uspineda08@hotmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7264>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## MORPHOAGRONOMIC CHARACTERIZATION OF CREOLE RICE: MULTIVARIATE STATISTICS IN TOABRÉ, COCLÉ, PANAMA

### ABSTRACT

In Panama, the traditional planting system of landrace rice in the 2018-2019 production cycle involved 23 530 producers, with 25 550 ha planted with an average harvest of 2.28 t·ha<sup>-1</sup>. The aim was to agronomically characterize 36 accessions of landraces rice from Toabré (Penonomé) and to verify their genetic variability through multivariate statistics. It was carried out in the San Miguel Valley, (Coordinates: 08°47'49.6" N; 080°18'31.3" W), Coclé province, Panama. The genetic material consisted of 36 accessions collected among farmers from 15 communities of Toabré. The experimental unit was 2 x 3 m (6 m<sup>2</sup>), with a separation between rows of 0.40 m and 0.30 m between plants. Quantitative (12) and qualitative (20) characteristics were evaluated. Similarity relationships were determined by cluster analysis, based on Euclidean distance; and UPGMA clustering. Dendrogram were generated with UPGMA clustering and Gower's distance. The combined analysis of the quantitative and qualitative variables was made to obtain a dendrogram. The morpho-agronomic characteristics of the collected landrace rice accessions showed the existing genetic diversity. The multivariate analyzes applied separately to the qualitative and quantitative variables and the combination of both, allowed the rice accessions to be grouped into groups of similarity. Similarity analyzes of the quantitative and qualitative characteristics and the combination of both showed dendrogram with five clusters, suggesting that some accessions that present different names according to the collecting community appear to be similar. The genetic diversity of the landrace rice of the Toabré district was confirmed with the morphoagronomic characterization by means of multivariate statistics.

**Keywords:** Agrobiodiversity, clusters, *in situ* conservation, phenotypic variation, similarity relationship.

### INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los principales alimentos a nivel mundial, superado sólo por el trigo, entre los cereales más cultivados (Mvuyekure et al., 2018). Según el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2018), en Panamá representa el principal alimento de la dieta con un consumo per cápita de 64,1 kg.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el sistema de siembra tradicional el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020) estimó que en el ciclo de producción 2018-2019, había 23 530 productores, con 25 550 hectáreas sembradas y una cosecha promedio de 2,28 t·ha<sup>-1</sup> (INEC, 2020). Es cultivado en las 10 provincias y comarcas, sobresalieron: Coclé (5 340 ha), Veraguas (3 830 ha), Panamá (3 660 ha), Darién (3 070) y en la Comarca Ngäbe-Buglé (3 850 ha). En la provincia de Coclé, donde se realizó el estudio, se obtuvo una producción global de 11 530 toneladas para un promedio de 2,16 t·ha<sup>-1</sup>, muy similares al promedio nacional para este sistema de cultivo.

A pesar de la importancia relativa del arroz para los panameños pocas iniciativas se han dado para el rescate y/o conservación de este valioso germoplasma criollo (Torres-Vargas et al., 2017; Quirós et al., 2019), ni se ha explorado de forma exhaustiva la variabilidad genética de los mismos.

Estudios recientes sobre el origen y la domesticación del arroz señalan a la región del Himalaya y suroeste de la China, como Centros de Diversificación y Domesticación de la especie *O. sativa* (Acevedo et al., 2006). Su dispersión a nivel mundial, con la introducción del arroz al Occidente ocurrió aproximadamente 320 a.C., mientras que en América ocurrió en época poscolombina, traído por los colonizadores españoles, portugueses y holandeses (Acevedo et al., 2006).

Numerosos investigadores a nivel global han realizado estudios con el propósito de caracterizar a nivel morfoagronómico cultivares de arroces criollos, con las técnicas multivariadas como lo muestran los estudios de Islam et al. (2019), Mvuyekure et al. (2018) y Rawte & Saxena, 2018, entre otros, algunos con el propósito de caracterizarlos para preservarlos en bancos de germoplasmas, otros para utilizarlos como progenitores en programas de mejoramiento genéticos de arroz de algunas accesiones como tolerancia a estreses bióticos y abióticos.

A través del análisis de los componentes principales es posible determinar el grado de discriminación, y cuantificar la proporción de varianza explicada por cada variable original sobre los componentes seleccionados (Sinha & Mishra 2013; Tuhina-Khatun et al., 2015).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Con base en la importancia que tiene el germoplasma criollo en el futuro inmediato producto de la variabilidad climática se planificó este estudio con el objetivo de caracterizar morfo agronómicamente 36 accesiones de arroz criollo de Toabré (Penonomé) y verificar su variabilidad genética mediante estadísticas multivariadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre los meses de mayo de 2019 y marzo de 2020, en la comunidad del Valle de San Miguel, corregimiento de Toabré, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, República de Panamá, Coordenadas: N 08°47'49.6; W 080°18'31.3; con una elevación de 163 msnm. En la Figura 1, se presenta la ubicación geográfica de la parcela que se utilizó para caracterizar los fenotipos de las 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.).



Figura 1. Ubicación geográfica de la parcela en el Valle de San Miguel, para la caracterización morfoagronómica de 36 accesiones de arroz criollo. Adaptado de Mapa de la provincia de Coclé, República de Panamá (<https://mapas.owje.com/7510/cocle.html>) y Mapa de Panamá (<https://geomupa.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>), 2019.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Origen del material genético evaluado

El material genético consistió en 36 accesiones de arroz criollo (Cuadro 1), fue colectado entre los productores que siembran arroz en las comunidades aledañas al Valle de San Miguel.

**Cuadro 1. Origen de las 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) evaluados. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.**

Código de accesión	Nombre común	Comunidad de colecta	Corregimiento/ Distrito**
ACC-1	Colorado	V. S. Miguel <sup>1</sup>	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-3	Coiba blanco	V. S. Miguel <sup>1</sup>	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-4	Ocueño	B. S. Miguel <sup>2</sup>	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-6	Chato colorado	B. S. Miguel <sup>2</sup>	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-7	Llanero	B. S. Miguel <sup>2</sup>	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-11	Chato colorado	Santa Ana	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-12	Colorado	Santa Ana	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-15	Chombo	Santa Ana	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-19	Plano	Banazo	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-23	Blanco	Bito	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-24	Uvo	Bito	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-26*	A. amarillo	Banazo	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-27	Lagueño	Banazo	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-28	Meret	Cañazas	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-29**	C. amarillo	Cañazas	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-32	Bella luna	Monte Bueno	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-33	Colorado criollo	Guayabo	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-36	Chato blanco	Cañazas	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-38	Chato colorado	Boca de Cuiria	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-40	Loreño	Guayabo	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-41	Diana	Gurbé	R. Indio / P <sup>4</sup> .
ACC-42	Guayaquil	Cañazas	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-43	Chato colorado	Cañazas	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-44	Brujo	Gurbé	R. Indio / P <sup>4</sup> .
ACC-46	Malverde	Gurbé	R. Indio / P <sup>4</sup> .
ACC-47	Colorado	Monte Bueno	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-48	Colorado	V. del Carmen	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-49	Loreño	Lourdes	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-52	Colorado	V. del Carmen	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-55	Chombo blanco	Gurbé	R. Indio / P <sup>4</sup> .
ACC-57	Fortuno blanco	Valle de Riecito	R. Indio / P <sup>4</sup> .
ACC-58	Plana blanco	Limón	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-59***	A. colorado	Limón	T. / P. <sup>3</sup>
ACC-60	Petaca	Valle de Riecito	R. Indio / P <sup>4</sup> .
ACC-62	Carita	Los Elegidos	R. Indio / P <sup>4</sup> .

**Nota:** \* ACC-26 Argentino amarillo; \*\*ACC-29 Colombiano amarillo; \*\*\* ACC 35 y ACC-59 Argentino colorado.

<sup>1</sup> Valle San Miguel; <sup>2</sup>Bajito San Miguel; <sup>3</sup>Toabré-Penonomé; <sup>4</sup>Río Indio Penonomé.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## **Siembra del experimento y manejo para la evaluación morfoagronómica**

Las 36 accesiones de arroces criollos colectadas se establecieron en parcelas experimentales de 2x3 m (6 m<sup>2</sup>), separadas a un metro entre sí, con una separación entre surcos de 0,40 m y 0,30 m entre plantas, se sembró ocho semillas por hoyo, en un terreno prestado por uno de los productores colaboradores. La siembra se realizó con el sistema tradicional campesino, conocido popularmente como A CHUZO, que consiste en abrir con un espeque un hoyo a las distancias mencionadas y colocar la semilla. No se aplicó fertilizantes y no fue necesario el uso de insecticidas. El control de malezas se realizó de forma manual con machetes.

## **Evaluación de las características morfoagronómicas**

Las accesiones fueron caracterizadas de acuerdo con los descriptores establecido por Bioversity International, International Rice Research & WARDA (2007), la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2004), Muñoz Arguedas et al. (1993), en dos etapas: 1. Floración; 2. Maduración. Se empleó un muestreo no destructivo de las plantas, las cuales se etiquetaron al azar en la etapa de floración, se le registraron los descriptores de esta etapa fenológica, y en estas mismas plantas se registraron los descriptores del estado de maduración.

## **Características evaluadas**

Las características morfoagronómicas evaluadas consistieron en 12 cuantitativas y 20 cualitativas, las cuales se evaluaron en las etapas de floración y maduración de las plantas (Cuadro 2).

## **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de la caracterización morfoagronómica se analizaron utilizando el Software Estadístico INFOSTAT versión 2020, de acuerdo con los descriptores cualitativos y cuantitativos. Para las variables cualitativas se elaboró una tabla de frecuencias, se realizó el análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre las variables, mediante la matriz de Spearman y con los atributos que presentaron variabilidad, se realizó un análisis de conglomerados, método que clasifica las accesiones en grupos relativamente homogéneos con base a alguna similitud existente entre ellas. Se



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

generó un dendograma empleando la forma de agrupamiento UPGMA y aplicando la distancia de Gower, usada para este tipo de variables nominales.

**Cuadro 2. Características morfoagronómicas evaluadas en 36 accesiones de arroz criollo. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.**

<b>Cualitativas</b>	<b>Abrev. Asig.</b>	<b>Cuantitativas</b>	<b>Abrev. Asig.</b>
Días a floración:	FL (dds)	Hábito de crecimiento:	HCr
Longitud hoja bandera:	LHB (cm)	Forma de la lígula:	FL
Ancho de la hoja bandera:	AHB (cm)	Tipo de grano:	TG
Largo de la segunda hoja:	L 2da H (cm)	Color del ápice del grano:	CA
Ancho de la segunda hoja:	A 2da H (cm)	Color del estigma:	CEs
Largo de la lígula:	LL (cm)	Color de las glumas fértiles:	CGF
Días a madurez:	DM (dds)	Color del nudo:	CN
Largo de la espiga:	LE (cm)	Color del entrenudo:	Cent
Largo del grano:	LG (mm)	Color interno de la vaina de la hoja bandera:	CIV-HB
Ancho del grano:	AG (mm)	Color de las glumas estériles:	CGE-L
Grueso del grano:	GG (mm)	Color interno vaina de la segunda hoja:	CIV-2daH
Altura de la planta:	AP (cm)	Color de la vaina:	CV
		Color de las glumas estériles:	CGE
		Color de los entrenudos:	Cent
		Color de la base del tallo:	CBT
		Color de las glumas fértiles del grano apical de la panícula:	CGFGAP
		Color de la lígula:	CL
		Color de la cariósida:	CC
		Pubescencia de las glumas:	PG
		Vellosidad en la lamia de la segunda hoja:	VL-2da H
		Presencia de arista:	PA

Abrev. Asig. = Abreviatura asignada.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para las variables cuantitativas se estimaron estadísticos descriptivos como: promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y límites de confianza ( $p < 0,05$ ). Se realizó un análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre las variables, mediante la matriz de Pearson. A partir de la matriz de correlación, se desprende el análisis de componentes principales (ACP), en donde se identificaron los descriptores que aportan el mayor porcentaje de variabilidad. Las variables cuantitativas se graficaron con los dos primeros componentes principales. Las relaciones de similitud fueron determinadas por el análisis de conglomerados, con base en la distancia Euclidiana al cuadrado como coeficiente de disimilitud; para la agrupación jerárquica se aplicó el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Se hizo el análisis combinado de las variables cuantitativas y cualitativas para la obtención de un dendograma a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas con el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower.

## RESULTADOS

### Análisis de correlación

La asociación de caracteres cuantitativos evaluados mediante la matriz de correlación de Pearson (datos no mostrados) permitieron considerar coeficientes significativos aquellos superiores a  $\geq 0,51$  ( $p \leq 0,05$ ), de acuerdo con Rojas (2003), Se considera que los coeficientes  $> 0,40$  corresponden a asociaciones que representan patrones naturales de variación. Este análisis evidencia que existe correlación significativa positiva entre días a madurez y floración ( $r=0,983$ ); entre la longitud de la hoja bandera y longitud de la 2da hoja (0,903); el ancho de la hoja bandera y el ancho de la 2da hoja (0,870); de la longitud de la espiga con el ancho de la 2da hoja (0,515) y con el ancho de la hoja bandera (0,615); la longitud de la espiga con la longitud del grano (0,521); el grosor del grano con el ancho (0,672); la altura de la planta con el ancho de la 2da hoja (0,546) y la altura de la planta con el ancho de la hoja bandera.

Para las variables cualitativas evaluadas se estimó el coeficiente de correlación de Spearman (datos no mostrados), en este caso se consideraron coeficientes significativos aquellos superiores  $\geq 0,40$  ( $p \leq 0,05$ ). Este análisis deja en evidencia la correlación entre el color del estigma y color del ápice (0,547), el color interno de la vaina de la hoja bandera



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

correlacionó de forma negativa con el hábito de crecimiento (-0,533); y el color de los nudos con el tipo de grano (0,402), el color de la base del tallo con el color de las glumas estériles (0,423), mientras el color del nudo correlacionó con el color del nudo (0,519), el color de las glumas fértiles del grano apical de la panícula con el color del de la lígula (0,405), el color de las glumas estériles con el color del entrenudo (0,407), color del cariósipside con el color del entrenudo (0,456) y la presencia de arista con el color del nudo (0,421).

### **Análisis de componentes principales (ACP) variables cuantitativas**

Los resultados del análisis de los componentes principales basados en sus valores y vectores propios, y la varianza total explicada por cada uno de los componentes, se observa en el Cuadro 3. La varianza asociada con cada componente principal fue diferente y en orden decreciente. Se observó que el primer componente: días a floración (FL) que explicó el 31,10% de la varianza total, el segundo componente fue la longitud de segunda hoja (L2da H) explicó el 20,25%, luego el ancho de la segunda hoja (A 2da H) 15,14%, la longitud de la hoja bandera (LHB) 11,01% y así de forma sucesiva, hasta que toda la variabilidad quedó distribuida entre los 12 componentes.

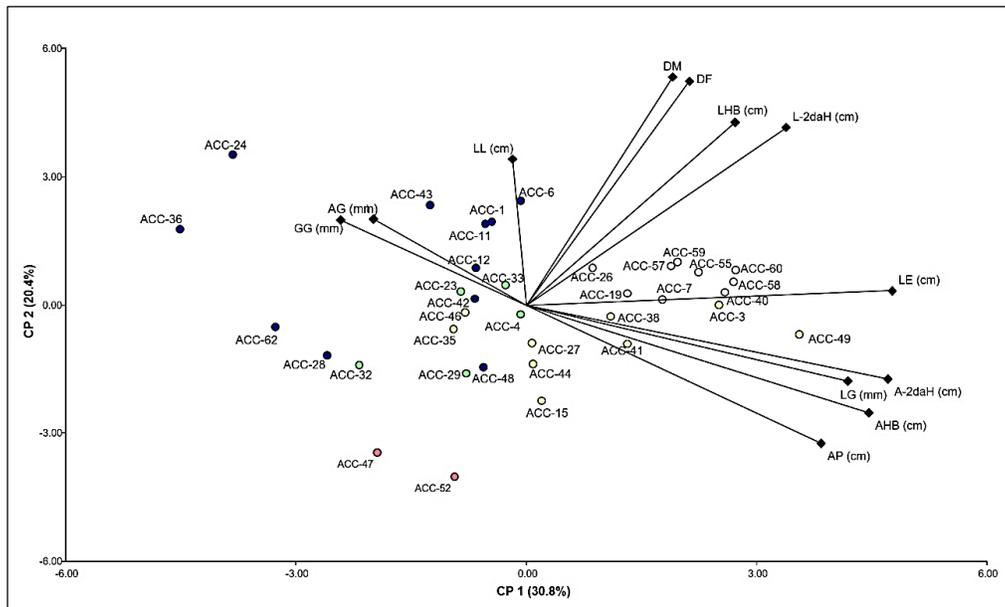
**Cuadro 3. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de los componentes principales en la caracterización de accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.). Toabré - Penonomé, Coclé – Panamá, 2019.**

Componentes Principales	Valores propios ( $\lambda_p$ )	Proporción de la varianza explicado	
		Absoluto (%)	Acumulado (%)
FL (dds)	3,739	31,10%	31,10%
L 2da H (cm)	2,430	20,25%	51,35%
A 2da H (cm)	1,816	15,14%	66,49%
LHB (cm)	1,321	11,01%	77,50%
AHB (cm)	0,906	7,55%	85,05%
LL (cm)	0,600	5,00%	90,06%
DM (dds)	0,502	4,19%	94,24%
LE (cm)	0,319	2,65%	96,90%
LG (mm)	0,211	1,76%	98,66%
AG (mm)	0,098	0,82%	99,48%
GG (mm)	0,052	0,43%	99,91%
AP (cm)	0,011	0,09%	100,00%



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La distribución de las características morfológicas, con base en dos componentes principales se observa en la Figura 2. De acuerdo con la separación angular, las mejores asociaciones estuvieron constituidas por los días a floración (DF) y días a madurez (DM). Para el segundo cuadrante las mejores asociaciones fueron entre la longitud del grano (LG) y el ancho de la segunda hoja (A-2daH). Se observa, además, en el primer y segundo componente como se separó el grosor de grano (GG) y altura de la planta (AP), del resto de los descriptores, por lo tanto, la mayor variabilidad entre las accesiones se explica con estas variables.



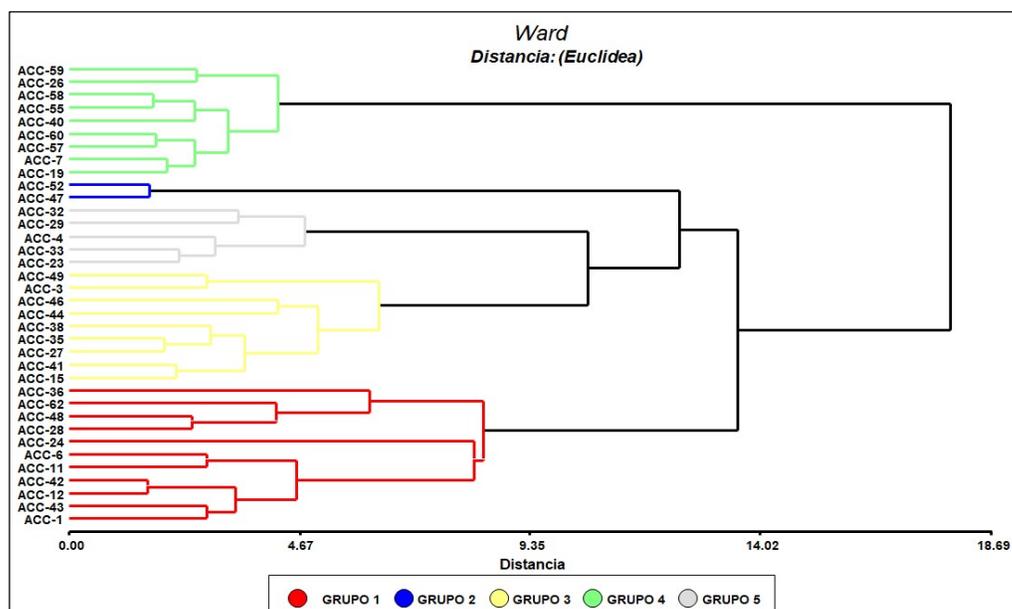
**Figura 2. Dispersión de 12 características cuantitativas evaluadas en 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) basados en los dos primeros componentes principales. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.**

### **Análisis de conglomerado jerárquico variables cuantitativas**

Con el Análisis de componentes principales (CP) se detectaron aquellos descriptores que más aportan a la variabilidad de los datos y con los cuales se procede a realizar el análisis de conglomerados (Figura 3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 3. Dendrograma de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.), obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de 12 variables cuantitativas, con el método de Ward y la distancia Euclidiana. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.**

Mediante el análisis de conglomerado jerárquico de las accesiones, con el empleo de las variables cuantitativas, y el método de Ward y la distancia Euclidiana, se obtuvo la formación de cinco grupos o conglomerados diferentes entre sí (MANOVA;  $p < 0,0001$ ).

En el Grupo I: se concentraron 11 de las accesiones que representa el 31%, ellos se caracterizan por presentar valores superiores en el ancho del grano (AG) de 3,65 mm, el grosor del grano (GG) de 2,18 mm, así como también en su conjunto la longitud de grano (LG) más corto de 7,79 mm.

El Grupo II: con dos accesiones (6%) de la población se caracteriza por presentar día a la floración más precoz, 90 días después de siembra; presentan valores menores en la longitud de la 2da hoja (L-2daH) de 30 cm y longitud de la hoja bandera (LHB) 20,6 cm; por el contrario, presenta una altura de la planta (AP) de 186,50 cm, ubicada entre las más altas.

El Grupo III: reúne nueve accesiones (25%), presenta la mayor longitud de la hoja bandera (LHB) 53,96 cm, un valor intermedio en longitud de la espiga (LE) 34,96 cm.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El Grupo IV: agrupa nueve cultivares, es decir el 25%, estas se caracterizan por presentar los días de floración (DF) de manera tardía, 120 días después de siembra y la madurez a cosecha de 150 días, con relación a los otros grupos de conglomerado.

El Grupo V: el cual aglomera a cinco accesiones (14%) de la población, caracterizadas por presentar el ancho de la 2da hoja (A-2daH) más angosta 1,78 cm, y el largo de la lígula (LL) más pequeña 1,4 cm.

### **Análisis de componente principales para las variables cualitativas**

La varianza asociada a cada componente principal fue diferente y decreció en orden. Los valores propios y la varianza total explicada para cada uno de los componentes principales, permitió establecer ocho factores con valores propios >1, que explican el 76,0% de la variabilidad total (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de los componentes principales en la caracterización de accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.). Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.**

Componentes	Valores propios ( $\lambda_p$ )	Proporción de la varianza explicada	
		Absoluto (%)	Acumulado (%)
HCr	3,85	0,19	0,19
FL	2,55	0,13	0,32
TG	1,84	0,09	0,41
CA	1,73	0,09	0,50
CEs	1,54	0,08	0,57
CGF	1,45	0,07	0,65
CGE-L	1,21	0,06	0,71
CIV-HB	1,06	0,05	0,76
CIV-2daH	0,90	0,04	0,81
CV	0,81	0,04	0,85
CL	0,67	0,03	0,88
CN	0,53	0,03	0,91
Cent	0,48	0,02	0,93
CBT	0,42	0,02	0,95
CGFGAP	0,28	0,01	0,97
CGELL	0,26	0,01	0,98
CC	0,20	0,01	0,99
PG	0,10	0,01	0,99
VL-2daH	0,09	4,4E <sup>-03</sup>	1,00
PA	0,05	2,3E <sup>-03</sup>	1,00



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El primer componente, hábito de crecimiento (HCr), explica el 19% de la varianza total, la forma de la lígula (FL) explica el 13%, el tipo de grano (TG) 9%, el color del ápice (CA) el 9%, color del estigma (CEs) 8%, color de las glumas fértiles (CGF) 7,0%, color de las glumas estériles (CGE-L) 6,0%, color interno de la vaina de la hoja bandera 8CIV-HB) 5%; así de forma sucesiva, hasta que toda la variabilidad queda distribuida entre los 20 componentes.

En cuanto a las variables cualitativas al correlacionar las variables originales (Cuadro 4), con cuatro componentes principales del Cuadro 5, el primer componente principal explica el 19% de la variabilidad total, donde las variables con mayor contribución fueron color de la vaina CV (0,52), color del nudo CN (0,57), color del entrenudo CEnt (0,66), color de glumas fértiles del grano apical CGFGAP (0,64), y color de glumas estériles CGII (0,68). Con una correlación cofenética de 0,905, altamente significativa.

**Cuadro 5. Correlación entre las variables originales y los cuatro componentes principales en la caracterización de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.). Toabré - Penonomé, Coclé – Panamá, 2019.**

Caracteres cualitativos	Siglas	Componentes Principales			
		CP-1	CP-2	CP-3	CP-4
Hábito de crecimiento	HCr	-0,19	0,58	-0,05	-0,28
Forma de la lígula	FL	-0,52	-0,04	-0,48	0,04
Tipo de grano	TG	0,24	0,15	-0,11	0,57
Color del ápice	CA	0,47	0,38	-0,28	-0,20
Color del estigma	CEs	0,52	0,57	0,11	-0,25
Color de las glumas fértiles	CGF	0,11	0,59	0,11	0,30
Color de las glumas estériles	CGE-L	0,49	0,06	0,57	-0,02
Color interno de la vaina (hoja bandera)	CIV-HB	0,20	-0,45	0,28	0,61
Color interno de la vaina de la 2da. hoja	CIV-2daH	0,11	-0,34	0,31	0,26
Color de la vaina	CV	0,52	3,8E <sup>-03</sup>	0,14	0,06
Color de la lígula	CL	0,53	-0,20	-0,39	0,20
Color del nudo	CN	0,57	-0,25	0,17	0,04
Color del entrenudo	CEnt	0,66	-0,14	-0,18	0,11
Color de la base del tallo	CBT	0,41	0,08	0,35	-0,34
Color de las glumas fértiles del grano apical	CGFGAP	0,64	0,25	-0,30	0,01
Color de las glumas estériles	CGE-II	0,68	1,8E <sup>-03</sup>	-0,46	-0,09
Color de la cariósida	CC	0,41	-0,47	-0,40	-0,07
Pubescencia de las glumas	PG	0,09	0,57	-0,02	0,49
Vellosidad de la lámina de la 2da. hoja	VL-2daH	0,02	0,48	0,22	0,28
Presencia de arista	PA	0,40	-0,28	0,34	-0,44

Correlación cofenética= 0,905.



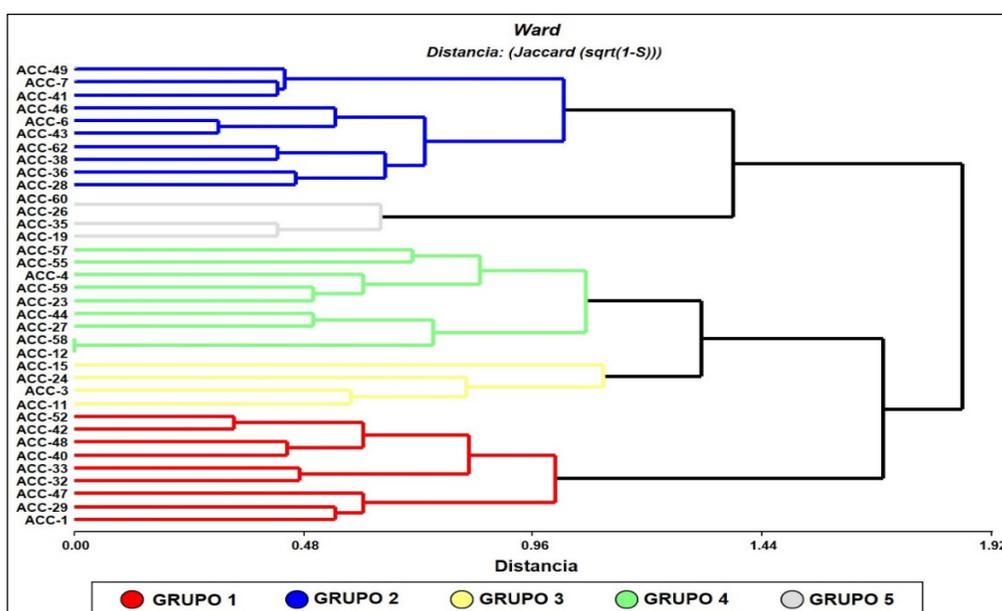
Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El segundo componente principal explica el 13% de la variabilidad y las variables con mayor contribución en este componente corresponde al hábito de crecimiento HCr (0,58), color de las glumas fértiles CGF (0,59), color del estigma CEs (0,57), pubescencia de glumas PG (0,57) y de forma negativa el color de la cariósida CC (-0,47).

El tercer componente principal explica el 9,0% de la variabilidad, donde aportan variables como la forma de la lígula FL (-0,48) el color de las glumas estériles CGE-I (0,57).

El cuarto componente principal explicó el 9,0% de la variabilidad, en el cual se encuentran variables relacionadas con el tipo de grano TG (0,57), color interno de la vaina de la hoja bandera CIV-HB (0,61).

El análisis de conglomerado jerárquico de las accesiones, para las variables cualitativas (Figura 4), muestra la formación de cinco grupos.



**Figura 4. Dendrograma de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de 20 variables cualitativas, con el método de Ward y la distancia Jaccard. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá. 2019.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los descriptores cualitativos que relaciona al grupo uno, con nueve accesiones (25%) se caracterizaron porque la mayoría de las accesiones presentaron forma hendida en la lígula, color verde pálido a amarillamiento de la gluma estériles, color del entrenudo verde amarilla, no posee arista.

El segundo grupo, con 10 accesiones (28%), presentaron grano de tipo índica, color amarillo en el ápice, verde amarillamiento en la base del tallo y cariósipide de color anaranjado.

El grupo tres agrupa cuatro accesiones (11%), y se caracterizó por presentar en las glumas fértiles del grano apical de la panícula color crema a crema oscuro, color blanquecino en el interno de la vaina de las hojas bandera, con tonalidades color verde a amarillo en el entrenudo.

El cuarto grupo con nueve accesiones (25%), presentó hábito de crecimiento erecto, color blanquecino del estigma, color purpura en el ápice y color crema a café claro en las glumas fértiles del grano apical de la panícula, se observó mucha similitud entre las accesiones 12 y 58.

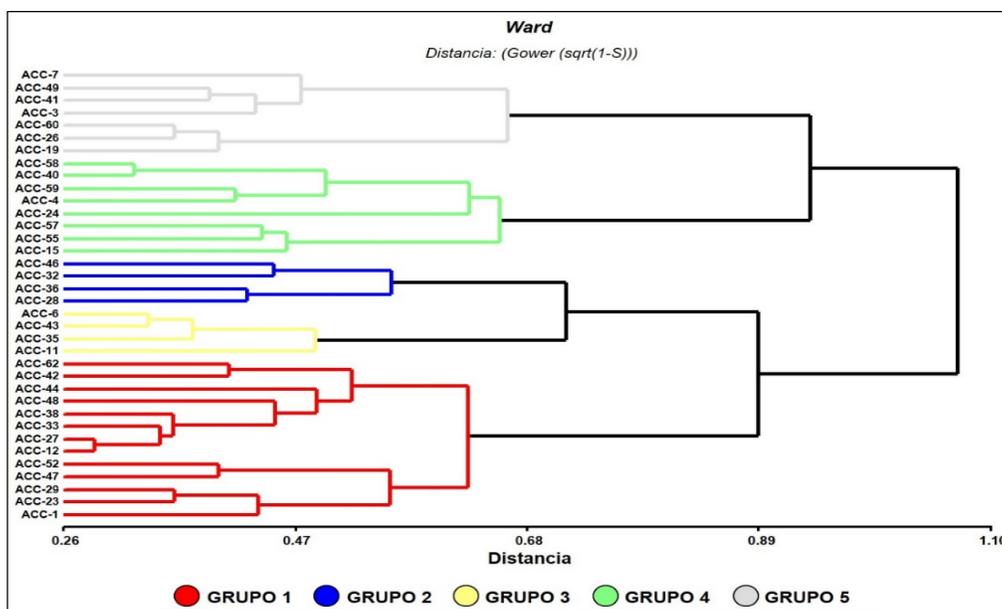
Grupo cinco, conformado por cuatro accesiones (11%), y se caracterizó por presentar color verde pálido en la vaina interna de la segunda hoja, no mostró arista y sus granos del tipo índico.

### **Análisis de conglomerado jerárquico de las variables cuantitativas y cualitativas**

El Dendograma obtenido de la combinación de los datos cuantitativos y cualitativos muestra la agrupación de las 36 accesiones en cinco grupos. Los grupos de conglomerado con más similitud son; el grupo 2 con el grupo 3 y el grupo 4 con el grupo 5 (Figura 5).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 5. Dendrograma de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas, con el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.**

El Grupo 1: está dividido en tres sub grupo y conformado por el mayor número de accesiones (13), Colorado (ACC-1), Colorado (ACC-12), Blanco (ACC-23), Lagüeño (ACC-27), Colombiano amarillo (ACC-29), Colorado criollo (ACC-33), Chato colorado, (ACC-38), Guayaquil (ACC-42), Brujo (ACC-44), Colorado (ACC-47), Colorado (ACC-48), Colorado (ACC-52) y Carita (ACC-62), dentro del mismo hay mucha similitud de la accesión ACC-27 y ACC-12, lo que puede sugerir que puede tratarse del mismo genotipo o estar muy emparentados entre sí.

El Grupo 2: el cual se subdivide en dos subgrupos estuvo formado por cuatro accesiones, Meret (ACC-28), Bella luna (ACC-32), Chato blanco (ACC-36) y Mal verde (ACC-46).

El Grupo 3: estuvo formado por cuatro accesiones, Chato colorado (ACC-6), Chato colorado (ACC-11), Argentino colorado (ACC-35), y Chato colorado (ACC-43), las cuales se subdividen en dos subgrupos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El Grupo 4: estuvo formado por ocho accesiones, Ocueño (ACC-4), Chombo (ACC-15), Uvo (ACC-24), Loreño (ACC-40), Chombo blanco (ACC-55), Fortuno blanco (ACC-57), Plana blanco (ACC-58), Argentino colorado (ACC-59), las cuales se subdividen en tres subgrupos.

El Grupo 5: estuvo formado por siete accesiones, Coiba blanco (ACC-3), Llanero (ACC-7), Plano (ACC-19), Argentino amarillo (ACC-26), Diana (ACC-41), Loreño (ACC-49), Y Petaca (ACC-60), las cuales se subdividen en dos subgrupos.

## DISCUSIÓN

En el análisis de componentes principales (CP) indica que cuatro factores explican el 77,5% de la variación total, valor superior al obtenido por Tuhina-Khatun et al. (2015), cuatro CP explica cerca de 72%, otros estudios similares con cinco componentes explican 86,9%, 76,5%, 76,4% como se observan en los estudios de Sinha & Mishra (2013), Islam et al. (2018), respectivamente, considerando únicamente los componentes con valores propios > 1.

Estos valores varían con la composición genética del material evaluado, el número y tipo de variables evaluadas y las condiciones ambientales de acuerdo con Tuhina-Khatun et al. (2015). Los altos valores de la variación total explicada por los primeros cuatro componentes sugieren que estos contienen variables que discriminan bien las accesiones en estudio (Ligarreto, 2003).

Con respecto a las asociaciones entre las variables estudiadas en la Figura 2, ésta también es capaz de mostrar aquellas que nos están correlacionadas por su ubicación en cuadrantes opuestos, lo que indica que una variable no tiene nada que ver con las otras. Sin embargo, observamos que las variables Altura de Plantas (AP), Ancho de la hoja bandera (AHB), Longitud de grano (LG), y no está relacionada con el grosor del grano (GG) y ancho del grano (AG).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el análisis de conglomerado ocho de las 12 variables cuantitativas más discriminatorias, originaron la formación de los cinco grupos o clúster: ancho, grosor y longitud del grano, ciclo precoz, ciclo tardío, la longitud de hojas y de la espiga. Mientras que el conglomerado de las 20 variables cualitativas evaluadas, 18 fueron capaces de agrupar las 36 accesiones en cinco clústeres. El mayor peso de las variables cualitativas en la formación de los agrupamientos se puede dar debido a la mayor estabilidad de éstas, que son menos influenciadas por el ambiente, a diferencia de las cuantitativas. Numerosos investigadores (Morejón & Díaz, 2006; Streck et al., 2017; Tuhina-Khatun et al., 2015) destacan la importancia de estos agrupamientos para los estudios de diversidad morfoagronómicas.

Los valores propios, indican la contribución ponderada de estos componentes en la estimación de la variabilidad de las accesiones estudiadas (Rojas, 2003). Cuando el coeficiente de correlación cofenética es mayor a 0,9 este puede ser interpretado, como el de un ajuste muy bueno, es decir, existe una clara estructura jerárquica entre los objetos de estudio Zambrano et al. (2003); Streck et al. (2017).

El análisis combinado de las variables cuantitativas y cualitativas por métodos multivariados ayuda a visualizar con mayor amplitud la variabilidad genética y permite su utilización en programas de mejoramiento genético y en la identificación de descriptores confiables para caracterizar las accesiones (Ligarreto, 2003).

El análisis combinado de los datos cualitativos y cuantitativos agrupó las 36 accesiones de arroz en cinco grupos, que indican la similaridad intra e inter-grupo que ayudaran a discernir sobre la variabilidad genética real del germoplasma; con un coeficiente de similaridad de 1,08, resultados que coinciden con los obtenidos por Tuhina-Khatun et al. (2015) y Correa-Álvarez et al. (2019).

De manera general, este estudio reveló la existencia de variabilidad entre el germoplasma evaluado, resultados similares obtuvieron Díaz & Morejón, 2000.

El estudio dejó en evidencia que características cualitativas como el hábito de crecimiento, forma de la lígula, tipo de grano, color del estigma, color de las glumas fértiles,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

color de las glumas estériles, color interno de la vaina de la hoja bandera, estuvieron entre las variables con más peso para aportar a la varianza total, en la clasificación de las accesiones en los diferentes grupos o conglomerados, hecho similar ocurrió con las variables cuantitativas, tales como días a floración, longitud de la hoja bandera, longitud, ancho y espesor del grano, altura de planta.

### CONCLUSIÓN

- La caracterización morfoagronómica complementadas con los análisis multivariados aplicados a las variables cualitativas y cuantitativas de las 36 accesiones estudiadas fueron una herramienta determinante para dejar en evidencia la diversidad genética de los arroces criollos del corregimiento de Toabré, provincia de Coclé, Panamá.

### REFERENCIAS

Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170.

[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000200001](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001)

Bioversity International, International Rice Research, & WARDA. (2007). *Descriptors for wild and cultivated rice (Oryza spp.)*. Bioversity International. 72p.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/7bea3e09-b6f6-4d3a-bd61-3e73fd51f68f/content>

Correa-Álvarez, E. M., León-Pacheco, R. I., Lobato-Ureche, M. A., García-Dávila, M. A., Muñoz-Perea, C. G., & Aramendiz-Tatis, H. (2019). Caracterización morfoagronómica de la colección de germoplasma de ají dulce (*Capsicum* spp.) del Caribe colombiano. *Temas Agrarios*, 24(2), 81-95.

<https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1998>

Díaz, S. H., Castro, R., & Morejón, R. (2000). Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 21(3), 81-86.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215152014>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2020). Superficie sembrada y cosecha de arroz en la república, por método de siembra utilizado y según provincia, comarca indígena y periodo de siembra: Año Agrícola 2018-2019.

[https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=992&ID\\_CATEGORIA=4&ID\\_SUBCATEGORIA=11](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=992&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=11)

Islam, M., Akter, N., Chakrabarty, T., Bhuiya, A., Siddique, M., & Khalequzzaman, M. (2019). Agro-morphological Characterization and Genetic Diversity of Similar Named Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.) Landraces of Bangladesh. *Bangladesh Rice Journal*, 22(1), 45–56. <https://doi.org/10.3329/brj.v22i1.41836>

Ligarreto, G. (2003). Análisis de la variabilidad genética en frijol. En T. L. Franco, y R. Hidalgo (Eds.), *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N°. 8* (pp.40-49). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.

[https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning\\_space/technicalbulletin8.pdf](https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin8.pdf)

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2018-2019). Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. Información General.

<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/05/Cierre-Agr%C3%ADcola-2018-2019-2.pdf?csrt=6419987190275554775>

Morejón, R., & Díaz, S. H. (2006). Asociación de caracteres en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) seleccionados para tolerancia a las bajas temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 27(2), 77-80. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215872012>

Muñoz Arguedas, G., Giraldo Ávila, G., & Fernández de Soto, J. (1993). Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 167 p. (Publicación CIAT no. 177).

<https://cgspace.cgiar.org/items/ce485aaf-78c1-410e-bd9a-75ee1fc9f046>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Mvuyekure, S. M., Sibiya, J., Derera, J., Nzungize, J., & Nkima, G. (2018). Application of Principal Components Analysis for Selection of Parental Materials in Rice Breeding. *HSOA Journal of Genetics & Genomic Sciences*, 3(010).  
<http://dx.doi.org/10.24966/GGS-2485/100010>
- Quirós, E., Camargo, V. M., Camargo, R., Vergara, H., Sevillano, E., Alvarado, J., & Castillo O. (2019). *Descripción Varietal de seis cultivares criollos de arroz: S45C1, S49C3, S49C1, S12C1, S2C2 y S2C3*. Informe técnico para registro ante el Comité Nacional de Semillas. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. 12 pág.
- Rawte, S. & Saxena, R. (2018). Morphological Characterization of Selected Rice (*Oryza sativa* L.) from Core Germplasm Group of Chhattisgarh Using DUS Descriptors. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(10), 350-357.  
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.037>
- Rojas, W. (2003). Análisis de la variabilidad genética en quinua. En T. L. Franco, y R. Hidalgo (Eds.), *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N°. 8* (pp.27-39). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.  
[https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning\\_space/technicalbulletin8.pdf](https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin8.pdf)
- Sinha, A. K., & Mishra, P. K. (2013). Morphology based multivariate analysis of phenotypic diversity of landraces of rice (*Oryza sativa* L.) of Bankura district of West Bengal. *Journal of Crop and Weed*, 9(2), 115-121.  
[https://scholar.google.co.in/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=vo7pfuwAAAAJ&citation\\_for\\_view=vo7pfuwAAAAJ:lJcSPb-OGe4C](https://scholar.google.co.in/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=vo7pfuwAAAAJ&citation_for_view=vo7pfuwAAAAJ:lJcSPb-OGe4C)
- Streck, E. A., Aguiar, G. A., Magalhães, A. M. D., Facchinello, P. H. K., & Oliveira, A. C. D. (2017). Variabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado via análise multivariada1. *Revista Ciência Agronômica*, 48, 101-109.  
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170011>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Torres-Vargas, L., Santamaría-Guerra, J., Salmerón, F., Mariano, I., Acosta, A., & Quintero, J. A. (2017). Recuperación y Selección Participativa de Cultivares de Arroz de la Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (27), 28-39. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/21>

Tuhina-Khatun, M., Hanafi, M. M., Rafii Yusop, M., Wong, M. Y., Salleh, F. M., & Ferdous, J. (2015). Genetic variation, heritability, and diversity analysis of upland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes based on quantitative traits. *BioMed research international*, 2015, 290861. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/290861>

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. (2004). Arroz (*Oryza sativa* L.) Directrices para la Ejecución del Examen de la Distinción, la Homogeneidad y la Estabilidad. [https://www.upov.int/es/publications/tg-rom/tg016/tg\\_16\\_8.pdf](https://www.upov.int/es/publications/tg-rom/tg016/tg_16_8.pdf)

Zambrano, A. Y., Demey, J. R., Fuenmayor, F., Segovia, V. Y., & Gutiérrez, Z. (2003). Diversidad genética de una colección de yuca a través de marcadores moleculares RAPDS. *Agronomía Trop.*, 53(2). [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2003000200004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000200004)

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT) por el apoyo financiero del proyecto “Evaluación y Selección Participativa de Arroces Criollos en Toabré, Provincia de Coclé, Panamá (proyecto FID 17-064)” y al Sistema Nacional de Investigación de Panamá (SNI).

A los productores campesinos de los corregimientos de Toabré y Río Indio de Coclé, quienes aportaron sus semillas y participaron de manera directa en la evaluación de las accesiones de arroz que han conservado a la fecha.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL SUELO AL UTILIZAR DIFERENTES COMPONENTES ORGÁNICOS EVALUADOS EN LA CASA DE VEGETACIÓN<sup>1</sup>

*Jhon Alexander Villalaz-Pérez<sup>2</sup>; Adolfo Santo-Pineda<sup>3</sup>;  
José Ezequiel Villarreal-Núñez<sup>4</sup>; Abiel Gutiérrez-Lezcano<sup>5</sup>*

### RESUMEN

Se evaluó el comportamiento físico, químico y la materia orgánica del suelo (MOS) con distintas fuentes de abonos orgánicos, y su efecto en la estabilidad estructural del suelo utilizado para el cultivo de cacao. El estudio se realizó en una casa de vegetación cubierta con mallas de sarán en los años 2021 y 2022. Se evaluaron en un diseño completamente al azar, cinco tratamientos y cuatro repeticiones. T1: testigo; T2: Gallinaza compostada; T3: Residuos de campo; T4: Cenizas; T5: Compost. Se utilizaron 20 macetas con 15 kg de suelo seco no disturbado y dosis de 15 Mg.ha<sup>-1</sup> de cada enmienda. Se evaluaron parámetros físico-químicos y MOS a profundidades de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm. El pH del suelo incrementó su nivel en todos los tratamientos comparado con el testigo, obteniendo mejor resultado la ceniza con niveles de 6,5 a 6,2 en ambas profundidades. La MOS y el Nitrógeno mantuvieron un ligero aumento en los tratamientos aplicados, siendo mejor el compost con 6,7% y 0,30%, respectivamente. El fósforo en el suelo presentó mejor biodisponibilidad con la aplicación de cenizas, con una concentración arriba de 29 mg.kg<sup>-1</sup>. Para el diámetro medio ponderado (DMP), el residuo de cosecha y la gallinaza compostada alcanzaron los mayores valores con 0,60 mm. Se concluye que la Gallinaza compostada, el Compost y el Residuo de cosecha, pudieron mayormente adherirse a las partículas del suelo o agregados estructurales, aportando a la vez una mejor biodisponibilidad nutricional que pueda ser utilizado por las plantas.

**Palabras clave:** Cacao, cultivo, diámetro medio ponderado, enmiendas orgánicas, estabilidad estructural.

<sup>1</sup>Recepción: 31 de octubre de 2024. Aceptación: 31 de marzo de 2025. Proyecto de Investigación e Innovación para el cultivo de cacao en sistemas agroforestales en Bocas del Toro y Comarcas.

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD). e-mail: [villalaz14@gmail.com](mailto:villalaz14@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5382-5549>

<sup>3</sup>IDIAP, CIAD. e-mail: [asantospineda@gmail.com](mailto:asantospineda@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9561-2103>

<sup>4</sup>IDIAP, CIAD. e-mail: [jevilla38@gmail.com](mailto:jevilla38@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1317-1960>

<sup>5</sup>IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Bocas del Toro (CIABT). e-mail: [abiel.gutierrez@yahoo.es](mailto:abiel.gutierrez@yahoo.es); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3866-7006>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## STRUCTURAL STABILITY OF THE SOIL WHEN USING DIFFERENT ORGANIC COMPONENTS EVALUATED IN THE VEGETATION HOUSE

### ABSTRACT

The physical, chemical behavior and soil organic matter (SOM) were evaluated with different sources of organic fertilizers and how they influence the structural stability of the soil used for cocoa cultivation. The study was carried out in a greenhouse covered with saran mesh in the years 2021 and 2022. Five treatments and four repetitions were evaluated in a completely randomized design. T1: Witness; T2: Composted chicken manure; T3: Field residues; T4: Ashes; T5: Compost. 20 pots were used with 15 kg of dry, undisturbed soil and a dose of 15 Mg.ha<sup>-1</sup> of each amendment. Physicochemical parameters and SOM were evaluated at depths of 0 to 5 cm and 5 to 10 cm. Soil pH increased its levels in all treatments compared to the control, with ash obtaining better results with levels of 6.5 and 6.2 at both depths. SOM and Nitrogen maintained a slight increase in their applied treatments, with compost being better with a content of 6.7% and 0.30% respectively. Phosphorus in the soil presented better bioavailability with the application of ashes, with a concentration above 29 mg.kg<sup>-1</sup>. For the weighted average diameter (WMD), the crop residue and the composted chicken manure reached the highest values with 0.60 mm. It is concluded that composted chicken manure, compost and crop residue, were able to adhere mostly to soil particles or structural aggregates, while providing improved nutritional bioavailability that could be utilized by plants.

**Keywords:** Cocoa, crop, Organic amendmgs, Structural stability, Weighted average diameter.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao es establecido en su gran mayoría bajo un sistema agroforestal, utilizando los árboles maderables y algunas otras plantas perennes o anuales (Musáceas) como sombras, cumpliendo funciones de protección al suelo, como el aporte de la biomasa que ayudan a mitigar las pérdidas de suelos. Esta biomasa aportada por el sistema agroforestal, mantienen una descomposición natural de la hojarasca por medio del ciclaje de las hojas favoreciendo las condiciones físicas y químicas y biológicas del suelo (Navia et al., 2003). Los productores de cacao del área del distrito de Almirante y alrededores de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

la provincia de Bocas del Toro, en muchos casos, aplican desechos de hojarasca y mazorca de cacao sin conocer el contenido nutricional.

Uno de los principales problemas del cultivo de cacao en Bocas del Toro es la baja productividad de las plantaciones, cuyo rendimiento es alrededor de 0,20 Mg.ha<sup>-1</sup>, según cifras del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2020), en muchos casos se debe a la baja aplicación de abono orgánico, para que el árbol produzca mayor cantidad de frutos, y por el otro lado, el bajo contenido de materia orgánica de los suelos (Villalaz-Pérez et al., 2020). Cabe mencionar que, la rentabilidad del cultivo se mide con producciones de grano seco, y este debe ser superior a 0,77 Mg.ha<sup>-1</sup> (Espinosa-García et al., 2015).

En la República de Panamá, se elaboró por Villarreal-Núñez & Ramos-Zachrisson (2024), un mapa predictivo de contenido de carbono orgánico del suelo (COS) para dar a conocer la importancia del estado de degradación que mantienen los suelos de nuestra república, siendo un logro muy importante, realizado también con el apoyo de la Alianza Mundial por el Suelo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

El compost como acondicionador orgánico natural mejora a mediano y largo plazo las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementando la porosidad, a la vez disminuye la densidad aparente y consolida la estructura (Quiroz & Pérez, 2013; Villalaz-Pérez et al., 2020).

El uso de cenizas de biomasa de cacao podría aumentar la capacidad de retención de agua, fomentar el crecimiento de microorganismos y otros (Acosta, 2014). Los cultivos, se podrían beneficiar en gran medida con los cambios fisicoquímicos del suelo.

La carbonización de biomasa se presenta como una técnica para la conversión de la biomasa en un material con mayor estabilidad física. El uso de biomasa carbonizada es de gran interés a nivel internacional debido a su potencial en actividades agroindustriales que están a favor del control del cambio climático (Sohi et al., 2010).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se ha conocido muchos reportes del uso de enmiendas orgánicas para mejorar el suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, aumentando la biodisponibilidad de los macros y micro nutrientes esenciales para los cultivos, la cual conlleva a que disminuya el estrés hídrico y aumente la producción agrícola (Álvarez-Solís et al., 2010).

Se ha reportado también que las cenizas pueden ayudar a mejorar la fertilidad del suelo, reducir la acidez, mejorar la capacidad de intercambio catiónico y de aniones, incrementar la capacidad de retención de agua y de nutrientes en función de sus propiedades fisicoquímicas (Van Zweiten et al., 2010). A su vez, estas pueden ayudar a minimizar la cantidad de fertilizante aplicado, reduciendo la contaminación del agua superficial y subterránea.

La biomasa carbonizada también ha sido asociada al aumento de la actividad microbiana en suelos (Yoo et al., 2018) debido al aumento de micro poros que sirven de soporte a los microorganismos propios del suelo.

La carbonización de biomasa podría mejorar el nivel de acidez y la cantidad de materia orgánica en el suelo, según Acosta (2014). Se han encontrado una correlación entre porosidad del suelo y productividad de cacaotales al utilizar biocarbón; suelos más porosos representaron una mayor productividad, principalmente en los años secos (Souza Júnior & Carmello, 2008).

Se pueden encontrar casos contrarios; como la mineralización de la materia orgánica inducida por el fuego, la cual conduce a la liberación de una cantidad sustancial de metales pesados (Pereira & Úbeda, 2010).

Por otra parte, tomando en cuenta las propiedades físicas del suelo (p.e. la estructura), en la cual tiene influencia en gran mayoría en el crecimiento de las plantas por medio del desarrollo de las raíces, facilitando una mayor absorción de nutrientes con la ayuda de los microorganismos cuando se le adiciona al suelo un abono orgánico (Villalaz-Pérez, 2023).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La degradación estructural de los suelos, está ligado muy estrechamente con la pérdida de la materia orgánica, disminución de la porosidad y aumento de la densidad aparente, traducida en la disminución de la estabilidad estructural (Vidal et al., 1981).

Se ha planeado en esta investigación de evaluar el comportamiento físico, químico y la materia orgánica del suelo con distintos tipos de enmiendas orgánicas y como, influyen en la estabilidad estructural de un suelo utilizado para el cultivo de cacao en Bocas del Toro. Este estudio favorecerá el mejoramiento de la fertilidad del suelo, disminución de la acidez, protección ante cualquier enfermedad y bloqueo de la movilidad de contaminantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

El ensayo se realizó en una casa de vegetación con cobertura de sarán, ubicada en las coordenadas geográficas de latitud 8° 07' 37,3" N y longitud 80° 41' 31,5" Oeste, durante los años 2021 y 2022, donde se utilizó suelo proveniente de un área representativa del distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro con características fisicoquímicas y materia orgánica (Cuadro 1).

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) en donde se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron de la siguiente forma: T1= testigo o suelo desnudo (T); T2= gallinaza compostada (GC); T3= residuo de cosecha de campo cultivados con cacao (RC); T4= cenizas de mazorca del cacao (C); T5 = compost elaborado de hojarasca más mazorcas de cacao (Co).

**Cuadro 1. Características del suelo utilizado en las macetas o potes.**

pH	N	MOS	P	ClCe	K	Ca	Mg	Al	Cu	Zn	Fe	Mn	A	L	Arc
(1:2,5) p/v	-----%----- Total	mg kg <sup>-1</sup> Extraible	-----cmol (+) kg <sup>-1</sup> ----- Intercambiables	-----mg kg <sup>-1</sup> ----- Extraibles	-----%----- Textura										
Profundidad (0 a 5 cm)															
5,4	0,3	5,6	10,0	13,3	0,3	8,0	5,0	0,0	2,0	3,0	71,0	46,0	50	35	15
Profundidad (5 a 10 cm)															
5,4	0,2	4,8	7,5	15,5	0,2	10	5,3	0	2,0	3,0	66,0	48,0	52	35	13



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Procedimiento de llenado de macetas

Cada cubo o maceta, se llenaron con 15 kg de suelo seco sin disturbar, a su vez, se les aplicó una dosis de 15 Mg·ha<sup>-1</sup>, tomando como dosis media según Villalaz-Pérez et al. (2020) el ensayo de dosis creciente de gallinaza compostada. Cada tratamiento fue caracterizado previamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Características de cada tratamiento utilizados en el estudio.**

Tratamientos	pH	CE	CIC	C/N	NT	MO	CO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd
		dSm <sup>-1</sup>	cmolk <sup>-1</sup>					%						mgkg <sup>-1</sup>		
Testigo	5,88	0,96	51,2	14,2	0,3	6,5	3,8	0,1	0,6	1,5	0,2	103,8	244,5	113840,0	1214,5	0,8
GC	8,48	46,5	93,8	17,03	1,8	56,3	32,7	1,2	6,6	0,9	1,3	99,0	783,4	3850,0	985,7	n.d
RC	6,87	33	73	23	1,4	54,3	31,5	0,2	2,0	0,7	0,3	66,5	265,8	95620,0	893,8	n.d
C	10,06	60	36,5	3,44	1,5	8,7	5,1	0,6	1,5	1,6	2,2	66,7	292,4	2727,0	1293,8	5,0
Co	7,09	11	128,5	16,22	2,0	54,6	31,6	0,1	1,9	0,9	0,3	18,7	126,2	3169,5	729,8	3,7

Testigo: Suelo desnudo; GC: Gallinaza compostada; RC: Residuo de cosecha en campo cacaotero;

C: Cenizas de mazorca del cacao; Co: Compost elaborado de hojarasca + mazorca de cacao.

## Metodología de muestreo y preparación de muestras en el laboratorio

Un año después de aplicados los tratamientos, se procedió a realizar los muestreos a dos profundidades (0 a 5 cm y 5 a 10 cm). Se eliminaron las raicillas, piedras o cualquier material que podía alterar los análisis. Las mismas fueron secadas al aire y trituradas pasado por un tamiz de malla de nylon de 2 mm para los análisis químicos y textura. Para la estabilidad estructural de agregados, las muestras utilizadas se extrajeron sin disturbar y manejadas con mucho cuidado para no romper los terrones o agregados.

Se determinó MOS, N total, pH, P extraíble, cationes intercambiables (K, Ca, Mg, Al); Micro nutrientes extraíbles (Cu, Zn, Fe, Mn) y la textura. Para la densidad aparente, se tomaron muestras no disturbadas por cada profundidad estudiada con anillos metálicos Uhlund (Teixeira et al., 2017).

## Variables físicas, químicas y materia orgánica en el suelo

El pH se determinó por el método de potenciómetro con la relación 1:2,5 (suelo-agua) y la MOS mediante método de calcinación utilizando técnicas descritas por Teixeira et al. (2017). El N total se realizó por digestión Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982). Para



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

la extracción de elementos biodisponibles (Cu, Fe, Zn, Mn y K intercambiable) se extrajeron con la solución de extracción Mehlich 1, de acuerdo al método descrito por Teixeira et al. (2017). Los cationes intercambiables como Ca, Mg y Al, fueron extraídos con la solución extractora KCl-1 M (Teixeira et al., 2017). El aluminio (Al) intercambiable se extrajo con solución extractora KCl-1M, según Díaz-Romeu & Hunter (1978).

La capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe) se realizó mediante la sumatoria de bases Ca, Mg, K +Al. Por otro lado, el porcentaje de saturación de aluminio (Sat. Al %) se determinó mediante el cociente de  $(Al (\%)/CICe) * 100$ . El análisis físico granulométrico de textura del suelo se determinó mediante la metodología de Bouyoucos (1962).

### **Estabilidad estructural de los agregados del suelo (MWD) tamizados en húmedo**

Después extraer el suelo en el campo, se procedió al secado y triturado de las muestras por cada tratamiento y repetición. En las pruebas de estabilidad estructural de agregados en húmedo, para cada profundidad (0 a 5 cm y 5 a 10 cm), se utilizó la metodología de Yoder (1936); Kemper & Rosenau (1986), que consistió en utilizar tamices o mallas de tamaños de diámetros de 4,0; 2,0; 0,25 y 0,053 mm.

### **Análisis estadísticos**

Para verificar las diferencias entre tratamientos, los datos fueron evaluados por análisis de varianza y las medias de sus tratamientos fueron comparadas por la prueba LSD Fisher  $p < 0,05$ . Se realizaron gráficos de barras para las variables químicas y físicas estudiadas por cada tratamiento. Los análisis fueron realizados usando el software estadístico InfoStat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

Se verificaron cada tratamiento si estos presentan limitaciones por medio de tabla de valores dictaminados por Le Bissonnais (2016) para la estabilidad estructural y la estructura por medio del diámetro medio ponderado (DMP).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ***Efecto de los aportes de enmiendas***

#### **pH y Materia orgánica del suelo**

El nivel de pH (Figura 1) y en la MOS (Figura 2) para las dos profundidades evaluadas (0 a 5 cm y 5 a 10 cm). Se aprecia la acidez del suelo con un incremento en las dos profundidades para todos los tratamientos con respecto al suelo desnudo (tratamiento 1; pH 5,8 a 6,4).

Al comparar las medias de los tratamientos con la prueba de LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ), el tratamiento de cenizas fue el que presentó diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos evaluados a una profundidad de 0 a 5 cm, contrario a la profundidad de 5 a 10 cm que no hubo diferencia en sus medias. Estos niveles de pH se encuentran poco ácido (Name & Cordero, 1987; Snoeck et al., 2016), siendo beneficioso para la biodisponibilidad de nutrientes requeridos para el cultivo de cacao.

Por otra parte, en la profundidad de 0 a 5 cm, los contenidos de la MOS, las medias calculadas en el tratamiento de compost (Co) presentó diferencias con las demás enmiendas orgánicas y el testigo con la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ). Mientras que en el otro estrato evaluado de 5 a 10 cm el menos contenido lo presentó las cenizas de origen vegetal.

Si observamos la importancia de aplicar materia orgánica al suelo, en los tratamientos estudiado de compost y el testigo, se puede apreciar que incrementó un 38% en ambas profundidades, aunque en todos los tratamientos los contenidos de MOS se encontraban por arriba de los niveles máximos estudiados con intervalos de valores de 2,93 - 5,5% según lo descrito por Snoeck et al. (2016) en el cultivo de cacao.

El bajo contenido de materia orgánica en el suelo (menor al 3%) puede ser un factor muy limitante en la producción del cultivo de cacao (Torres & Otiniano, 2021). La investigación realizada por Villalaz-Pérez (2023) mostró que el uso del estiércol de pollo compostado o gallinaza compostada en el cultivo de cacao ayudó aumentar la MOS, que al mineralizarse pudo incrementar la biodisponibilidad de nutrientes esenciales en el suelo,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

y así las plantas absorberlos para un mejor desarrollo vegetativo, aumentando la biomasa en un 30% de su valor inicial.

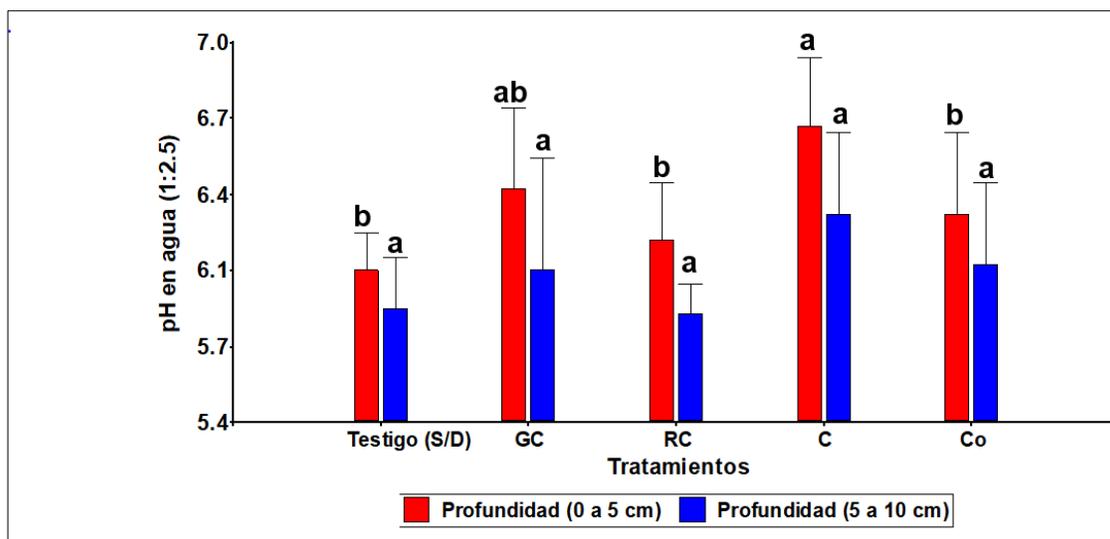


Figura 1. Niveles de pH en el suelo tratados con enmiendas orgánicas evaluadas en dos profundidades.

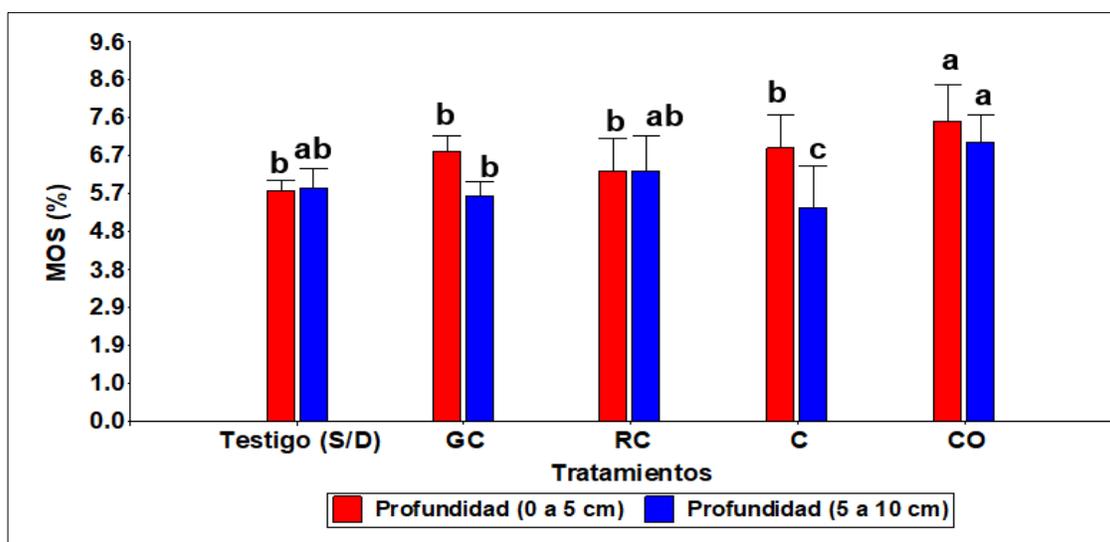


Figura 2. Contenido de MOS (%) en el suelo tratado con enmiendas orgánicas evaluadas en dos profundidades.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### Contenido de Nitrógeno y Fósforo extraíble en el suelo

El contenido de N en el suelo (Figura 3) mantuvo un aumento considerable en la mayor profundidad de 5 a 10 cm en todos los tratamientos con respecto al testigo. Sin embargo, para el tratamiento de compost (Co) en la profundidad de 0 a 5 cm, aunque todos los valores registrados fueron superiores al nivel óptimo de 0,10% (PE et al., 2009). Estas aplicaciones de cualquiera de las enmiendas utilizadas pueden aumentar el rendimiento del cultivo de cacao en distintas áreas de fincas en producción (Eduah et al., 2025).

Para el P extraído con Mehlich 1 en el suelo (Figura 4) las cenizas de mazorca del cacao (C) presentó mayor evolución en las dos profundidades con diferencias significativas con respecto a las otras enmiendas y el testigo, presentando una concentración estudiada con valores superiores a  $34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  en la profundidad de 0 a 5 cm y de  $21,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  en la profundidad de 5 a 10 cm. Un contenido de P disponible de  $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  o más en la capa superior del suelo es adecuado para el cacao (Ahenkorah, 1981; Ahenkorah et al., 1987; Arthur et al., 2022).

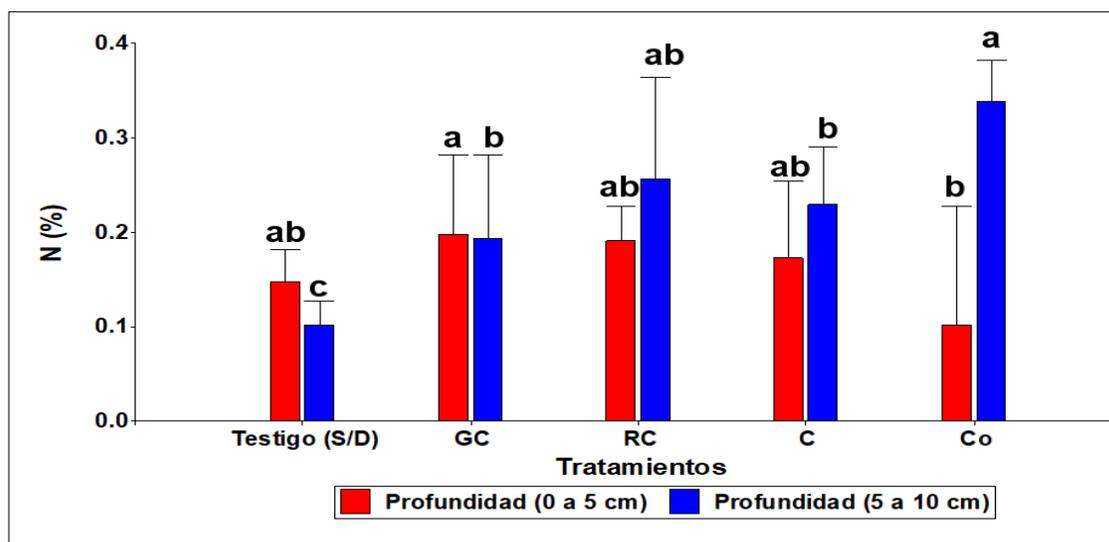
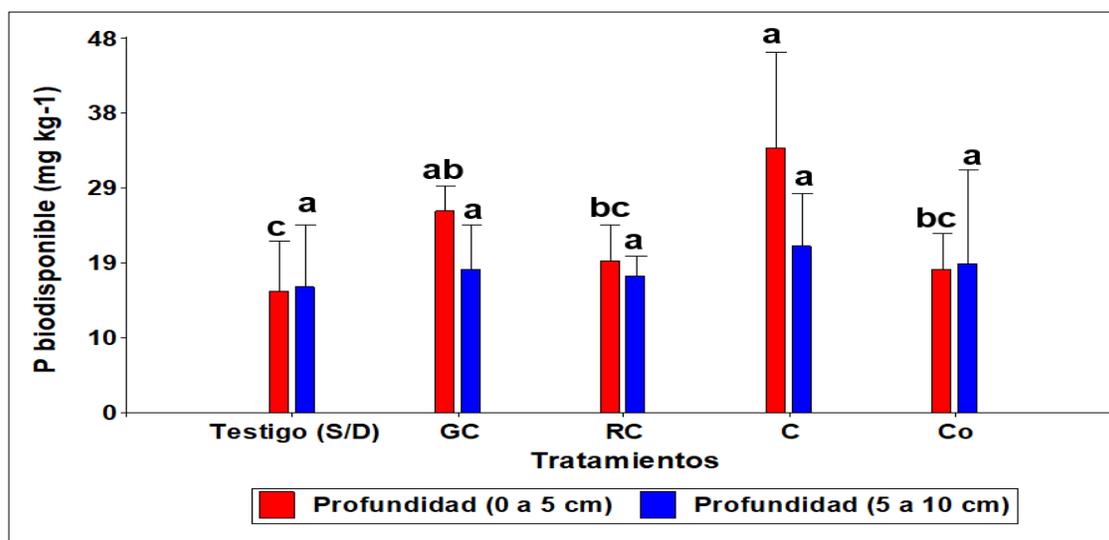


Figura 3. Concentración de N en los tratamientos de enmiendas orgánicas evaluadas para dos profundidades de suelo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 4. Concentración P biodisponible en tratamientos de enmiendas orgánicas evaluadas para dos profundidades de suelo.**

#### **Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICe) y elementos intercambiables de K, Ca, Mg y Al**

La Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo (CICe) indica que los tratamientos no fueron distintos, sin embargo, todos los tratamientos mostraron una dinámica en sus concentraciones nutricionales (Cuadro 3). El testigo mostró una mayor concentración con niveles de  $14,49 \text{ cmol } (+) \text{ kg}^{-1}$ .

El aporte de la gallinaza compostada (GC) y cenizas de mazorcas (C) para la variable K intercambiable en la profundidad de 0 a 5 cm resultaron con mejores valores ( $0,49 \text{ cmol } (+) \text{ kg}^{-1}$  y  $0,46 \text{ cmol } (+) \text{ kg}^{-1}$ ), respectivamente. Mientras que para la profundidad de 5 a 10 cm no fue significativo.

Por otro lado, el Ca y Mg intercambiables, para la primera profundidad evaluada no mostraron significancias en sus tratamientos. Mientras que estas variables medidas mantuvieron mayor contenido en el testigo en la profundidad subyacente. Entre los beneficios del aporte de abono orgánico, principalmente, son las mejoras de los parámetros CICe, K, Ca y Mg; que determina la reserva de diferentes nutrientes (Villalaz-Pérez et al., 2020). Otras investigaciones realizadas con cultivos de cacao en Colombia mostraron que



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

al aplicar fertilizantes orgánicos mejora la CIC y los cationes intercambiables en suelos tropicales (León-Moreno et al., 2019).

El Al intercambiable, aunque no mostró diferencia significativa en las profundidades evaluadas, los tratamientos presentaron una disminución parcial en su concentración con respecto al testigo. Esto es importante para el cultivo de cacao, ya que según Snoeck et al. (2016) en investigaciones realizadas en Ghana recomienda niveles óptimos de 0,1 a 1,5  $\text{cmol } (+) \text{ kg}^{-1}$ , siendo el nivel mínimo el recomendado, por la cual mayores que este afectaría la producción del cacao (Arévalo-Hernández et al., 2021).

**Cuadro 3. Capacidad de intercambio catiónico efectivo y elementos intercambiables un año después de aplicados los diferentes tratamientos.**

Tratamientos	CICe		K		Ca		Mg		Al	
	Profundidad del suelo (cm)									
	0 a 5	5 a 10	0 a 5	5 a 10	0 a 5	5 a 10	0 a 5	5 a 10	0 a 5	5 a 10
	<b>Concentración medias (<math>\text{cmol } (+) \text{ kg}^{-1}</math>)</b>									
<b>Testigo</b>	14,06	14,49	0,26 <sup>c</sup>	0,26	8,95	9,28	4,68	4,68 <sup>a</sup>	0,20	0,33
<b>GC</b>	13,79	12,57	0,49 <sup>a</sup>	0,45	8,98	8,40	4,23	3,48 <sup>b</sup>	0,20	0,23
<b>RC</b>	14,27	13,22	0,41 <sup>ab</sup>	0,37	9,20	8,48	4,55	4,20 <sup>ab</sup>	0,10	0,20
<b>C</b>	12,50	13,13	0,46 <sup>a</sup>	0,38	7,43	8,05	4,45	4,55 <sup>a</sup>	0,15	0,18
<b>Co</b>	12,92	12,45	0,33 <sup>bc</sup>	0,37	8,65	7,85	3,73	4,0 <sup>ab</sup>	0,2	0,20
<b>p≤0.05</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>0,01</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>0,05</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

No significativo: ns; Testigo: Suelo desnudo; GC: Gallinaza compostada; RC: Residuo de cosecha en campo cacaotero; C: cenizas de mazorca del cacao; Co: Compost elaborado de hojarasca + mazorca de cacao.

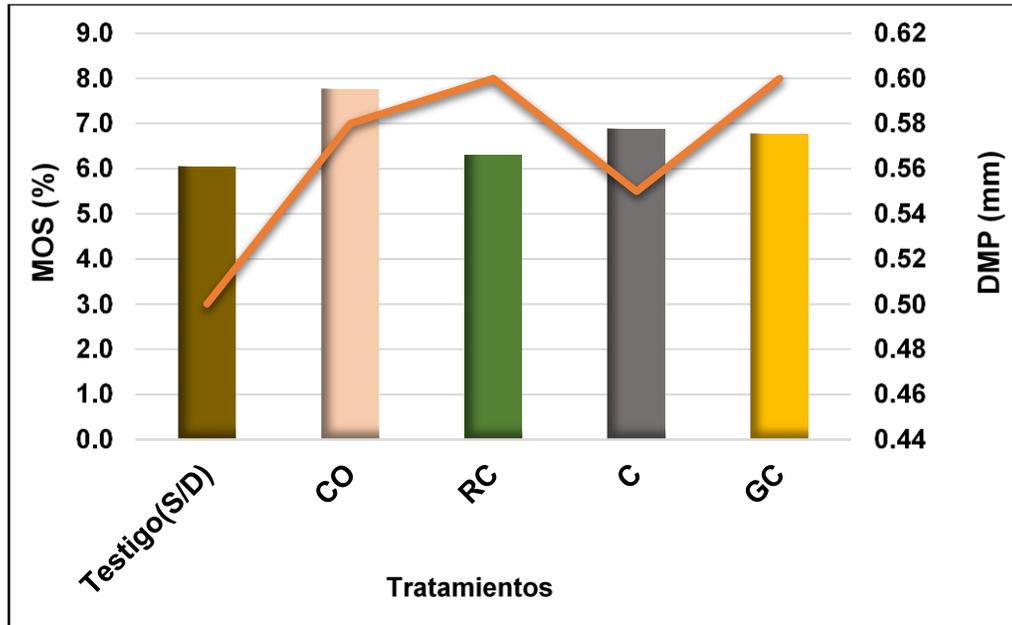
### Estabilidad de agregados (EA) del suelo a la profundidad de 0 a 5 cm

El diámetro medio ponderado (DMP en mm) según los tratamientos con respecto a los contenidos de la MOS presentaron las siguientes observaciones: El tratamiento testigo de suelo desnudo (S/D) presenta un valor de 0,50 mm en el DMP y un contenido de MOS de 6,0%. Los tratamientos Co, RC, y GC, el DMP alcanza valores mayores a 0,6 mm, y la MOS un contenido mayor de 6,0% (Figura 5)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Al aplicar las cenizas (C) al suelo disminuyó ligeramente el DMP con valores de 0,55 mm y la MOS con un contenido de 6,80%. Al mantener el suelo sin cobertura ocasiona inestabilidad en su estructura cuando el DMP 0,4 -0,8 mm (Le Bissonnais, 2016). Según este mismo autor los valores de DMP 1,3 -2,0 mm presenta buena estabilidad estructural.



**Figura 5. Diámetro medio ponderado (DMP) por tratamientos de enmiendas orgánicas evaluadas para la profundidad del suelo de 0 a 5 cm.**

El tratamiento de cenizas (C) disminuye su adhesión a medida que aumenta el tamaño de partículas del suelo (Figura 6). Contrario a los tratamientos de gallinaza compostada (GC), compost (Co) y el residuo de cosecha (RC) que aumenta su adhesión a medida que incrementa el tamaño de las partículas del suelo. Esto pudo deberse a que la materia orgánica contribuye a la formación de agregados que estabilizan la estructura del suelo. Contrario a esto, las bajas dosis y poca calidad de la materia orgánica aplicada al suelo, puede tener un efecto importante a los impactos de las gotas de lluvias, fácil desintegración de los agregados del suelo cuando se encuentran inestables, provocando la erosión.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La aplicación del carbono orgánico al suelo por medio de la materia orgánica, es la responsable de la formación de agregados estables en el suelo, por la cual derivan estructuralmente a las existencias de macro poros en el suelo cuando es unido a las arcillas (Delgado - Londoño, 2017). Los agregados del suelo están relacionados con el mecanismo vital para la estabilización del carbono orgánico del suelo (COS) y un factor central de su calidad, debido a que facilita su fertilidad y resiliencia estructural (Bach & Hofmockel, 2016).

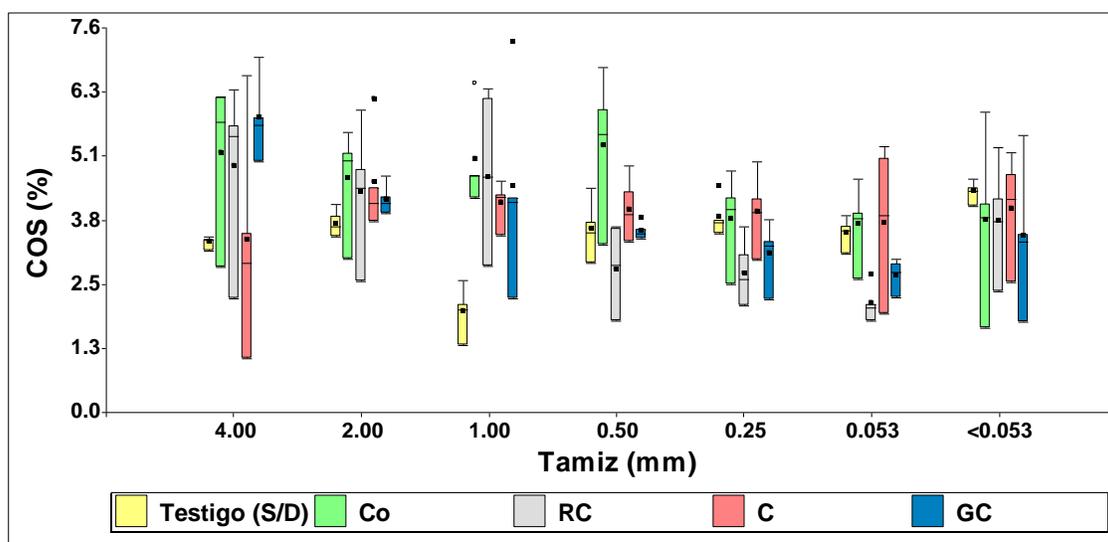


Figura 6. Distribución de tamaño de partículas del suelo y el COS (%) por tratamientos evaluados a profundidad de 0 a 5 cm.

### CONCLUSIONES

- Se comprueba que los usos de enmiendas de origen orgánicos como el compost y la gallinaza compostada, mejoran los niveles nutricionales esenciales en el suelo para las plantas, que en este caso los destinados al cultivo de cacao.
- La estabilidad de agregados en el suelo estudiados en esta investigación, es comprobada cuando se aplican las diferentes enmiendas orgánicas, siendo dos de ellas la de mayor aporte del carbón orgánico (gallinaza compostada y compost) al aumentar la materia orgánica del suelo, influyendo en variables como el DMP.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- El DMP, está influenciado a la materia orgánica aplicada al suelo y sometido a fuerzas de presión ejercidas por el agua. Esta a su vez, pueden mantenerse adheridas a los agregados estructurales, si los tamaños de partículas del suelo son mayores de 0,5 mm.
- Se puede mencionar que la dosis de 15 Mg.ha<sup>-1</sup> de las enmiendas orgánicas aplicada en el suelo presentó un impacto positivo, aunque a mayores dosis pueden alcanzar niveles adecuado de estabilidad estructural en el suelo.

## REFERENCIAS

- Acosta Buitrago, J. O. (2014). *Efecto del biocarbón en cacao orgánico (Theobroma cacao L.) y manejo biológico del Mal de Panamá (Fusarium oxysporum f. sp cubense) con biocarbón y microorganismos benéficos*. [Tesis de Maestría (Mag. Sc. en Agricultura Ecológica) - CATIE]. Escuela de Posgrado. Turrialba (Costa Rica).  
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7142>
- Ahenkorah, Y. (1981). “*La influencia del medio ambiente en el crecimiento y la producción del árbol del cacao: suelos y nutrición*”. En Actas de la 7.<sup>a</sup> Conferencia Internacional de Investigación del Cacao, 1979, 167–176. Douala, Camerún.
- Ahenkorah, Y., Halm, B. J., Appiah, M. R., Akrofi, G. S., & Yirenkyi, J. E. K. (1987). Twenty Years' Results from a Shade and Fertilizer Trial on Amazon Cocoa (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Experimental Agriculture*, 23(1), 31-39.  
<https://doi.org/10.1017/S0014479700001101>
- Álvarez-Solís, J. D., Díaz-Pérez, E., León-Martínez, N. S., & Guillén-Velásquez, J. (2010). Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento del maíz. *Terra Latinoamericana*, 28(3), 239-245.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n3/v28n3a6.pdf>
- Arévalo-Hernández, C. O., Arévalo-Gardini, E., Barraza, F., Farfán, A., He, Z., & Baligar, V. C. (2021). Growth and nutritional responses of wild and domesticated cacao



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

genotypes to soil Cd stress. *Science of the Total Environment*, 763, 144021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144021>

Arthur, A., Acquaye, S., Cheng, W., Dogbatse, J. A., Konlan, S., Domfeh, O., & Quaye, A. K. (2022). Soil carbon stocks and main nutrients under cocoa plantations of different ages. *Soil Science and Plant Nutrition*, 68(1), 99-103. <https://doi.org/10.1080/00380768.2022.2029219>

Bach, E. M., & Hofmockel, K. S. (2016). A time for every season: soil aggregate turnover stimulates decomposition and reduces carbon loss in grasslands managed for bioenergy. *GCB Bioenergy*, 8(3), 588-599. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12267>

Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 54(5), 464-465. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>

Bremner, J. M., & Mulvaney, C. S. (1982). *Nitrogen total*. In: Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds). *Methods of Soil Analysis. Part II*. American Society of Agronomy. No 9 in Agronomy Series. Madison, Wisconsin. USA. pp. 595-624. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c31>

Delgado-Londoño, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos (revista descontinuada)*, (17), 77-83. <https://doi.org/10.21501/21454086.1907>

Díaz-Romeu, R., & Hunter, A. (1978). *Metodologías de Muestreo de suelos. Análisis químico de suelos y tejido vegetal y de Investigaciones en invernadero*. Turrialba, Costa Rica. C.R. pp70. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4008e/A4008e.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini – Italy, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). InfoStat Version (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. <http://www.infostat.com.ar>
- Eduah, J.O., Arthur, A., Amoako-Attah, I., Manso, E. F., Quaye, A. K., Dogbatse, J. A. & Padi, F. K. (2025). Differential impacts of organic and chemical fertilization on soil organic carbon pools and stability, and soil quality in cacao agroforestry. *Soil & Environmental Health*, 3(3), 100147. <https://doi.org/10.1016/j.seh.2025.100147>
- Espinosa-García, J. A., Uresti-Gil, J., Vélez-Izquierdo, A., Moctezuma-López, G., Inurreta-Aguirre, H. D., & Góngora-González, S. F. (2015). Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1051-1063. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000500012](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000500012)
- Kemper, W.D. & Rosenau, R.C. (1986). *Aggregate stability and size distribution*. Methods of Soil Analysis, part I. Physical and Mineralogical methods-Agronomy Monograph Nº 9. 427-442p.
- Le Bissonnais, Y. (2016). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 67(1), 11-21. [https://doi.org/10.1111/ejss.4\\_12311](https://doi.org/10.1111/ejss.4_12311)
- León-Moreno, C. E., Rojas-Molina, J., & Castilla-Campos, C. E. (2019). Physicochemical characteristics of cacao (*Theobroma cacao* L.) soils in Colombia: Are they adequate to improve productivity? *Agronomía Colombiana*, 37(1), 28-38. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n1.70545>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2020) Dirección de Agricultura, Cierre agrícola 2019-2020. 50p. [https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/03/cierre\\_agricola-2020.pdf?csrt=911009857566711802](https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/03/cierre_agricola-2020.pdf?csrt=911009857566711802)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Name, B., & Cordero, A. (1987). *Alternativas para uso y manejo de suelos ácidos en Panamá*. In Compendio de Resultados de Investigación presentados en la Jornada Científica. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Región Central, 23.
- Navia, J. F., Restrepo, J. M., Villada, D. E., & Ojeda, P. A. (2003). *Agroforestería: opción tecnológica para el manejo de suelos en zonas de ladera*. Manual de capacitación. Agronet, COL. <http://hdl.handle.net/11348/4869>
- Pereira, P., & Úbeda, X. (2010). Spatial distribution of heavy metals released from ashes after a wildfire. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 18(1), 13-22. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2010.02>
- PE, A., Uloko, B., & Edibo, G. (2009). Nutrient dynamics in soil and cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaf and kernel in Kogi State, Nigeria. *Journal of applied biosciences*, 25, 1573-1578. <https://www.m.elewa.org/JABS/2010/25/4.pdf>
- Quiroz Guerrero, I., & Pérez Vázquez, A. (2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(SPE5), 1069-1075. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000900019&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000900019&script=sci_arttext)
- Snoeck, D., Koko, L., Joffre, J, Bastide, P., & Jagoret, P. (2016). Cacao nutrition and fertilization. In: Lichtfouse (ed) Sustainable agriculture reviews. *Springer International Publishing, Switzerland* 19, 155-202. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26777-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26777-7_4)
- Sohi, S. P., Krull, E., López-Capel, E., & Bol, R. (2010). Chapter 2-a Review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105, 47-82. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)05002-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05002-9)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Souza Júnior, JO, & Carmello, QAC. (2008). Formas de adubação e doses de uréia para mudas clonais de cacau cultivadas em substrato. *R. Bras. Ci. Solo*, 32, 2367-2374. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/74sDNd5tHCDjZxwNbzdR4BF/>
- Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., & Teixeira, W. G. (2017). *Manual de métodos de análise do solo*. 3.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 573 p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>
- Torres, C. P., & Otiniano, A. J. (2021). *Innovación tecnológica en cacao andino Producto 4*. Informe sobre absorción de cadmio y manejo agronómico y su validación en vivero. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16109 - Producto 4.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16109_Producto_4.pdf)
- U.S. EPA. (2007). Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soil and Oils. Revision 1. Washington, DC. <https://www.epa.gov/esam/us-epa-method-3051a-microwave-assisted-acid-digestion-sediments-sludges-and-oils>
- Van Zwieten, L., Kimber, S., Morris, S., Chan, K. Y., Downie, A., Rust, J., & Cowie, A. (2010). Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plan Soil*, 327, 235-246. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0050-x>
- Vidal, I., Fernández, B., & Duarte, N. (1981). Influencia de cuatro métodos de labranza sobre la velocidad de infiltración y estabilidad de los agregados del suelo. *Agricultura Técnica*, 41(2), 83-88.
- Villalaz-Pérez, J. (2023). *Influencia del abono orgánico sobre el desarrollo y calidad del cacao producido en Almirante, Bocas del Toro-Panamá*. [Tesis de doctorado, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=322007>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Villalaz-Pérez, J. A., Villarreal-Núñez, J. E., Santo-Pineda, A., Gutiérrez, A., & Ramos-Zachrisson, I. A. (2020). Caracterización pedogenética de los suelos dedicados al cultivo de cacao, Almirante, Bocas del Toro, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (31), 37-58.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/299>

Villarreal-Núñez, J., & Ramos-Zachrisson, I. (2024). Mapa Digital del Contenido de Carbono Orgánico en Suelos de Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (38), 164-175.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/632>

Yoder, R. E. (1936). A direct method of aggregate analysis of soil and a study of physical nature of erosion losses. *Journal Amer. Soc. Agronomy*, 28, 337-351.

Yoo, S., Kelley, Stephen, S. S., Tilotta, D. C., & Park, S. (2018). Structural Characterization of Loblolly Pine Derived Biochar by X-ray Diffraction and Electron Energy Loss Spectroscopy. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 6 (2), 2621-2629

<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b04119>

### AGRADECIMIENTO

Nos toca hacer el reconocimiento de agradecer a tres personas que trabajaron muy estrechamente en esta labor de investigación para que se lograra el objetivo propuesto. Estas personas son: La Licenciada Misay Herrera, Jhon Alexander Villalaz De León y al señor Herminio González (QEPD).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## PRESENCIA DE MICOTOXINAS EN CEBADA CERVECERA (*Hordeum distichum* L.) Y SU RELACIÓN CON HONGOS CONTAMINANTES<sup>1</sup>

*Yiniveth Pedreschi*<sup>2</sup>; *Martha de Von Chong*<sup>3</sup>;  
*José Ángel Herrera-Vásquez*<sup>4</sup>; *Rito Herrera*<sup>5</sup>

### RESUMEN

El estudio se enfoca en la identificación y cuantificación de micotoxinas en cebada cervecera que se utiliza como alimento para el ganado bovino criado en las instalaciones de Agro Biológicos de Panamá, una empresa situada en el Hato de San Juan de Dios, en el distrito de Aguadulce, provincia de Coclé. Se llevaron a cabo pruebas de cultivo con cuatro tipos de muestra de cebada cervecera: semilla seca, semilla tratada con desinfección previa, lixiviado y forraje, adicionalmente, se realizó un cultivo microscópico del pasto forrajero. Se pudo categorizar a los hongos como de almacenamiento. Se logró identificar géneros y especies que producen micotoxinas, como aflatoxinas y ocratoxinas, principalmente, siendo los géneros *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. los destacados en ambas muestras analizadas. También se pudo identificar el género *Trichoderma* sp. Por otra parte, se llevó a cabo una evaluación de los niveles de aflatoxinas antes y después de implementar medidas adicionales de prevención, control y manejo de factores de crecimiento, entre estos, temperatura, humedad y nivel de oxígeno, demostrando que el tratamiento fue efectivo, ya que los niveles detectados no excedieron los límites permitidos en Panamá. A partir de estos estudios se deduce que la supervisión constante de estas medidas garantiza el progreso hacia la dirección adecuada, donde se mantienen niveles mínimos o inexistentes de micotoxinas.

**Palabras clave:** *Aspergillus*, ELISA, forraje, *Penicillium*, *Trichoderma*.

<sup>1</sup>Recepción: 12 de febrero de 2025. Aceptación: 11 de julio de 2025. Proyecto 501. B.03.12. IDIAP, SENACYT, AgroBiologicos de Panamá.

<sup>2</sup>Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Azuero. Licenciatura en Biología.  
e-mail: [yiniveth.pedreschi@up.ac.pa](mailto:yiniveth.pedreschi@up.ac.pa) ; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-7866-4125>

<sup>3</sup>Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Departamento de Microbiología.  
e-mail: [martha.chaves@up.ac.pa](mailto:martha.chaves@up.ac.pa) ; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

<sup>4</sup>IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD). Miembro Sistema Nacional de Investigación (SNI). Ph.D. Virología Vegetal. e-mail: [joshervs11@gmail.com](mailto:joshervs11@gmail.com) ; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8437-5920>

<sup>5</sup>IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Recursos Genéticos (CIARG). Ph.D. Microbiología.  
e-mail: [rhhv76@yahoo.es](mailto:rhhv76@yahoo.es) ; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## PRESENCE OF MYCOTOXINS IN MALTING BARLEY (*Hordeum distichum* L.) AND ITS RELATIONSHIP WITH CONTAMINATING FUNGI

### ABSTRACT

The study focuses on the identification and quantification of mycotoxins in malting barley used as feed for cattle raised at the facilities of Agro Biológicos de Panamá, a company located in Hato de San Juan de Dios, in the district of Aguadulce, Coclé province. Culture tests were conducted with four types of malting barley samples: dry seed, pre-disinfected seed, leachate, and forage. Microscopic cultures of forage grass were also performed. The fungi were categorized as storage fungi. Genera and species that produce mycotoxins, such as aflatoxins and ochratoxins, were identified, with the genera *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. being the most prominent in both samples analyzed. The genus *Trichoderma* sp. was also identified. Furthermore, an evaluation of aflatoxin levels was conducted before and after implementing additional prevention, control, and growth factor management measures, including temperature, humidity, and oxygen levels, demonstrating that the treatment was effective, as the levels detected did not exceed the limits permitted in Panama. These studies suggest that constant monitoring of these measures ensures progress in the right direction, maintaining minimal or nonexistent levels of mycotoxins.

**Keywords:** *Aspergillus*, ELISA, forage, *Penicillium*, *Trichoderma*.

### INTRODUCCIÓN

Al hablar de la nutrición animal, debemos comprender que esta tiene como objetivo satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales, en cantidad y calidad, para que puedan de la manera óptima alcanzar los parámetros productivos y reproductivos que su potencial genético les permite, según su especie y fase productiva (San Miguel et al., 2018).

El ganado bovino, a pesar de ser principalmente herbívoro, puede recibir diferentes tipos de alimentación. Se les puede dar granos y forrajes, por ejemplo, alfalfa (*Medicago sativa*), sorgo (*Sorghum* sp.), maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), ensilados, avena (*Avena sativa*) y diversos pastos (Portal Braford, 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La cebada es uno de los granos más comúnmente utilizados en piensos para vacas lecheras y bovinos de engorde. Debido a su alta digestibilidad ruminal, la cebada tiene altos valores de energía metabolizable para los rumiantes (Biovet, 2019). Cuando se alimenta a los animales con grandes cantidades de concentrado, el porcentaje de ácido acético se reduce en un 40%, en cambio, el ácido propiónico aumenta más del 40%, incrementando la producción de leche, puesto que aumenta la cantidad de glucosa proveniente del ácido propiónico (Fernández, 2011).

La salud de los animales destinados al consumo humano está influenciada por una serie de elementos claves que pueden afectar su bienestar y calidad de vida. Es fundamental garantizar que los diversos aspectos de este ámbito se gestionen de manera responsable y ética para proteger la salud de los animales y, a su vez, de los consumidores.

A raíz de esta situación se hacen conocidas las micotoxinas a quien la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2003), las describe como metabolitos secundarios fúngicos capaces de desencadenar diversas alteraciones y cuadros patológicos en el hombre y los animales (Abarca et al., 2000). Su impacto en la salud de las personas, la productividad de los animales y el comercio nacional e internacional genera una gran preocupación a nivel mundial. Hasta el 2004 se habían detectado y clasificado más de 300 metabolitos provenientes de hongos filamentosos, estas sustancias son producidas principalmente por los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* (Olvera, 2021). Destacan micotoxinas tales como Aflatoxinas y Ocratoxinas, siendo las más conocidas y estudiadas. La primera de estas es capaz de provocar convulsiones, ceguera, caminata en círculos, ataxia, espasmos y temblores en terneros (Cuéllar, 2021a), sin embargo, en los seres humanos pueden llegar a reducir la inmunidad y a inhibir la proliferación celular y la síntesis de proteínas (Moral, 2017). En segundo lugar, tenemos las ocratoxinas, capaces de generar lesiones en los riñones y el hígado (Cuéllar, 2021b).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En Panamá, existen dos normativas importantes que regulan los límites de aflatoxinas en alimentos destinados tanto para el consumo humano como para la alimentación de ganado. Sin embargo, es importante señalar que, hasta la fecha, no se tiene conocimiento de ningún documento oficial emitido por el gobierno panameño que oficialice de manera concreta estas normativas. La primera de ellas por parte de la Comisión del Codex Alimentarius estableció los niveles máximos de micotoxinas en los alimentos, que son muy bajos debido a su gran toxicidad. Por ejemplo, los niveles máximos de aflatoxinas establecidos en varios frutos secos, granos, higos secos y leche están en el rango de 0,5 a 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (FAO, 2023). La segunda norma conocida es establecida por el Gobierno Federal de los Estados Unidos donde el límite máximo permitido de 20 ppb para aflatoxinas en alimentos para humanos y vacas lecheras, en el caso, de leche para el consumo humano el nivel es de 0,5 ppb (Villarreal & Vega, 2019). No se tiene conocimiento de más normas u otro tipo de pautas en nuestro país referente a otras micotoxinas, sin embargo, la Autoridad panameña de Seguridad de Alimentos (AUPSA, 2009), a través del resuelto AUPSA - DINAN - 092- 2009, en su artículo 10 señala que esta misma entidad procederá a realizar muestreos de los alimentos que ingresen al territorio nacional para el análisis de entomología y otros análisis de tipo microbiológico, micotoxinas, características organolépticas, fisicoquímicos y residuos tóxicos.

Esta investigación tuvo como objetivo principal detectar y cuantificar micotoxinas en cebada cervecera (*Hordeum distichum* L.) para ganado bovino estabulado en el corregimiento de El Hato, distrito de Aguadulce, provincia de Coclé. El estudio realizado tuvo como referencia a la empresa Agro Biológicos de Panamá, la cual presentó inconvenientes con sus cultivos por la presencia de hongos patógenos, lo que conllevó a pérdidas y atrasos en la realización de sus proyectos.

A través de este estudio se buscó detectar micotoxinas que son potencialmente peligrosas para el ganado bovino, y que de manera directa afecta a los seres humanos al guardar una estrecha relación dentro de la cadena alimenticia. Dentro de este marco, se propuso aislar e identificar hongos productores de aflatoxinas y ocratoxinas en alimento para ganado estabulado y, al mismo tiempo, caracterizar los principales tipos de micotoxinas en alimento para ganado bovino estabulado. Se utilizó una metodología de



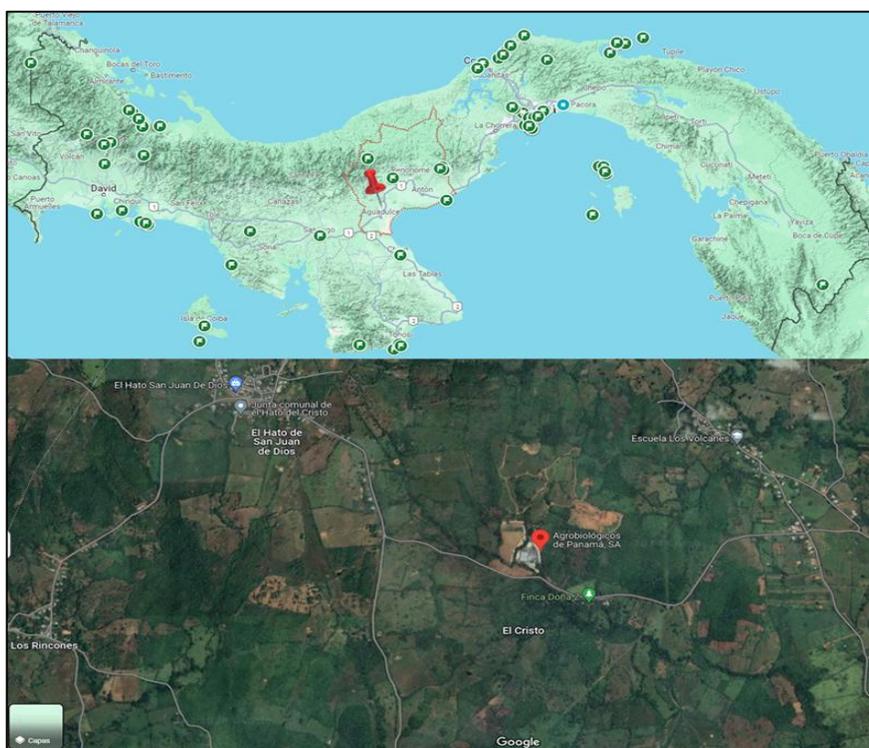
Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

análisis microbiológico que incluyó el aislamiento e identificación de diferentes morfotipos utilizando las claves de Watanabe (2018), además, se aplicó el ensayo de inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA).

Cabe destacar que Panamá carece de información actualizada referente al tema señalado, debido a la falta de estudios que caractericen las micotoxinas en el alimento de ganado bovino estabulado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de AgroBiológicos de Panamá, situado en el corregimiento del Hato de San Juan de Dios, distrito de Aguadulce, provincia de Coclé, de febrero a mayo 2023. La ubicación geográfica puede observarse en la Figura 1.



Fuente: Google, 2024.

**Figura 1. Ubicación geográfica del lugar de estudio.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se tomaron 10 g de muestras de semillas de cebada cervecera en dos condiciones: semillas secas o sin tratamiento previo y semillas que fueron sometidas a un proceso de desinfección, el cual consiste en un lavado con cloro en gel, seguido de 18 horas en hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Vieira et al. (2005) reportaron que esta solución posee un pH 12 altamente alcalino que le confiere el poder de inhibir la actividad enzimática de los microorganismos. Finalizado el tiempo mencionado se procedió a realizar un lavado adicional con cloro líquido. Castillo et al. (2015) señalan en su investigación que este compuesto es capaz de actuar como un fungicida. En último lugar, antes de cultivar las semillas, estas se remojaron en peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). En este sentido, hay que resaltar que, según Garmendia & Vero (2006), el poder oxidante de este compuesto posee actividad antimicrobiana.

Las semillas fueron sometidas a un lavado con agua desionizada previo a la ejecución de cada paso. Se tomó en consideración los niveles de temperatura, oxígeno y humedad para evitar el crecimiento de hongos y bacterias.

El forraje utilizado fue producido a partir de semillas germinadas en bandejas de poliestireno, mediante un sistema de cultivo hidropónico, mientras que, el lixiviado se obtuvo recolectando el agua de riego que se filtraba a través de las bandejas de cultivo de cebada cervecera, tomando muestras de 10 mL en vasos químicos de 25 mL. El cultivo de la cebada cervecera se realiza de manera hidropónica para alimentar el ganado bovino lechero, controlando las variables de temperatura, humedad, nivel de oxígeno del entorno, optimizando el crecimiento del cultivo, reduciendo el consumo de agua y obteniendo cosechas durante todo el año.

## 1. Análisis microbiológico externo

Para determinar los niveles de contaminación presentes en las muestras, se realizó un examen diagnóstico (Cuadro 1) como línea base para este estudio. El análisis utilizado fue bajo el método Oficial AOAC 2001.06 (AOAC International, 2001), el cual ha sido validado y estandarizado para garantizar resultados precisos y confiables en el análisis de alimentos, productos químicos y demás. Es conveniente señalar que la incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95% y un factor de ampliación (K) de 2.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 1. Análisis de micotoxinas.**

Micotoxina	Resultado	Límite Máximo	Límite mínimo de cuantificación	Unidad
Aflatoxina	33,95	20		ppb
Ocratoxina	7,47	20		ppb
Fumonisina	<1,0	500	No Aplica	ppm
Toxina T-2	28,54	800		ppb
Deoxinivalenol	<0,25	500		ppm
Zearalenona	<25,0	250		ppb

## 2. Procesamiento de las muestras (Homogenización y Diluciones)

Para procesar las muestras de cebada cervecera tratadas y pasto forrajero, se pesaron 10 g de cada muestra y se colocaron dentro de una bolsa estéril para preparar la solución madre. Seguidamente, se añadieron 95 ml de agua estéril. Se agitó manualmente para homogeneizar, de esta forma se obtuvo la dilución  $10^{-1}$ . Posteriormente, se tomaron 10 mL de esta dilución y se añadieron a un frasco que contenía 90 mL de agua destilada, obteniendo así la dilución  $10^{-2}$ . De la dilución  $10^{-2}$ , se extrajo 1 mL y se transfirió a otro frasco con 99 mL de agua estéril, logrando la dilución  $10^{-4}$ . A partir de esta, se tomó 1 mL y se añadió a otro frasco con 99 mL de agua estéril, obteniendo la dilución  $10^{-6}$ . Por otro lado, se tomó 1 mL de la dilución  $10^{-1}$  y se incorporó a un frasco con 99 mL de agua estéril, conformando la dilución  $10^{-3}$ . A partir de esta, se tomó 1 mL y se añadió a 99 mL de agua estéril, obteniendo la dilución  $10^{-5}$ .

Con la muestra del lixiviado se utilizaron 10 mL y se realizaron las diluciones seriadas de esta muestra. Se analizaron las diluciones de  $10^{-3}$  hasta  $10^{-6}$ . Con ayuda de una pipeta estéril de 1 ml, se tomó 0,1 ml y se añadió a un plato Petri con medio PDA + ácido láctico + cloranfenicol previamente preparado y se procedió a esparcir (esparcidores plásticos estériles). Esto se realizó con todas las diluciones de las cuales se efectuaron a cada una sus respectivas réplicas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### **3. Análisis microbiológico**

#### **3.1. Aislamiento**

El aislamiento de los hongos se realizó a partir de los cultivos obtenidos de las diferentes diluciones. Se procedió, utilizando una pinza estéril, a tomar un segmento de hifas de cada cultivo correspondiente a cada dilución. Estos segmentos fueron transferidos a nuevas placas Petri que contenían agar papa dextrosa (PDA) para favorecer el desarrollo de cultivos puros. Las placas fueron incubadas a 25°C - 28°C, fueron revisados periódicamente para verificar la ausencia de contaminantes y asegurar la pureza de los aislamientos (Estrada et al., 2025).

#### **3.2. Caracterización de morfotipos mediante el método de microcultivo**

Para la identificación taxonómica se realizaron montajes semipermanentes mediante el método de microcultivo. Esta técnica fue adaptada en este estudio para optimizar la visualización de estructuras fúngicas. La modificación consistió en utilizar una cámara húmeda con papel toalla estéril en lugar de los palillos cortados tradicionalmente empleados para sostener el cubreobjeto. El procedimiento fue guiado por el protocolo descrito en el material práctico de la Universidad Nacional de Formosa (2017).

### **4. Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA)**

La detección y cuantificación de aflatoxinas se llevó a cabo mediante la técnica ELISA utilizando el kit Veratox® para aflatoxinas (Neogen Corporation, 2018). Las muestras de semilla seca y semilla tratada de cebada cervecera, así como, el pasto forrajero fue triturado para su homogenización. Posteriormente, se procedió con la extracción utilizando una solución de metanol al 70% (v/v), siguiendo las indicaciones del manual del fabricante. Los extractos obtenidos fueron filtrados y utilizados directamente en el ensayo.

La prueba se realizó en un lector de micropocillo EPOCH con filtro de 650 nm para obtener densidades ópticas (D.O.). Las D.O. de los controles formaron la curva estándar, mientras que las D.O. de la muestra se trazaron contra la curva para calcular la concentración exacta de aflatoxina (Neogen Corporation, 2018). Todos los ensayos se realizaron por duplicado, y los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante pruebas no



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

paramétricas (Wilcoxon (1945), Kruskal-Wallis (1952) y Shapiro-Wilk), debido a la distribución no normal de los datos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Análisis microbiológico externo

La aflatoxina supera el límite permitido (20 ppb) establecido por el Gobierno Federal de Estados Unidos, tanto para humanos como para vacas lecheras (Villarreal & Vega, 2019). En contraste, las demás micotoxinas analizadas se encuentran muy por debajo del límite establecido para cada una de ellas. Es importante tener en cuenta que los niveles detectados están relacionados con el proceso de ensayo y error al que se sometieron las muestras para su cultivo hidropónico, lo que puede afectar la precisión y confiabilidad de los resultados. Tras obtener estos resultados, la empresa decidió reforzar las medidas de seguridad en el área de producción, incluyendo controles más estrictos como el uso de uniformes y equipos de protección personal desechables. Los niveles de micotoxinas encontrados en el presente estudio indican la importancia de seguir desarrollando estrategias efectivas de control, y adoptar medidas preventivas para minimizar su impacto en la salud pública, con la finalidad de garantizar la calidad y seguridad de los alimentos. Durante este período, se optó por no utilizar estos cultivos para la alimentación de las vacas, priorizando su salud y bienestar. Después de un tiempo prudente, aproximadamente 6 meses, se llevó a cabo esta nueva investigación para evaluar si las medidas implementadas habían tenido efecto.

### 2. Identificación de especies fúngicas

La identificación microscópica fue desarrollada con ayuda de las claves de Watanabe (Watanabe, 2018) (Cuadro 2).

Los aislamientos fúngicos obtenidos a partir de las muestras analizadas pertenecen a géneros como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Trichoderma*, además de micelio estéril observado en varias muestras (Cuadro 2)., en particular, dentro del género *Aspergillus* sp, se detectaron especies tal como *Asp. ochraceus* en muestra de cebada forrajera observando su colonia oscura y aterciopelada en medio PDA, así como vesículas globosas características con conidios negros adheridos en cadenas radiales confirman su



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

identificación. Así como la especie *Asp. niger* en muestra de cebada cervecera (Figura 5). El género *Penicillium* (Figura 2) estuvo presente en ambos tipos de muestras, destacando la especie *frequentans* (Figura 3) en cebada cervecera, mientras que, el género *Trichoderma* caracterizado por su rápido crecimiento en PDA (A) (Figura 4) se observó en cebada cervecera presentando conidióforos ramificados y conidios elípticos de superficie rugosa. En otras muestras se observó micelio estéril con crecimiento denso y filamentos ramificados, posibles estructuras esporulada encapsulada y conidióforos ramificados con fiálides y conidios esféricos pigmentados, lo cual sugiere la posibilidad de que cuya esporulación no se manifiesta en condiciones estándar de cultivo.

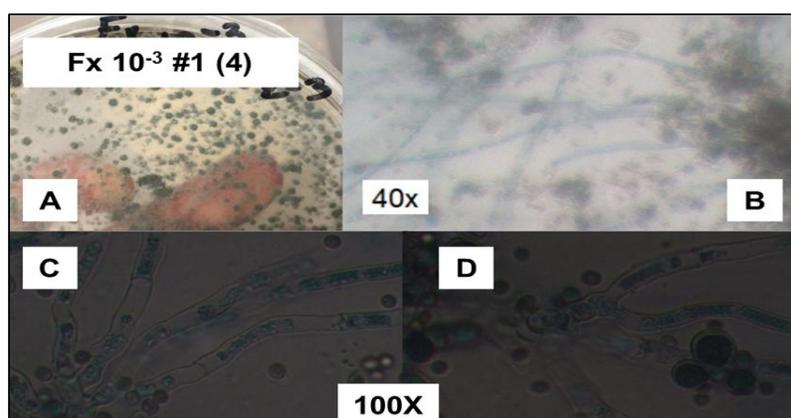


Figura 2. *Penicillium* sp. en pasto forrajero . Imagen macroscópica (A) y microscópica (B, C y D) en medio PDA para muestra de forraje forrajero de cebada forrajera.

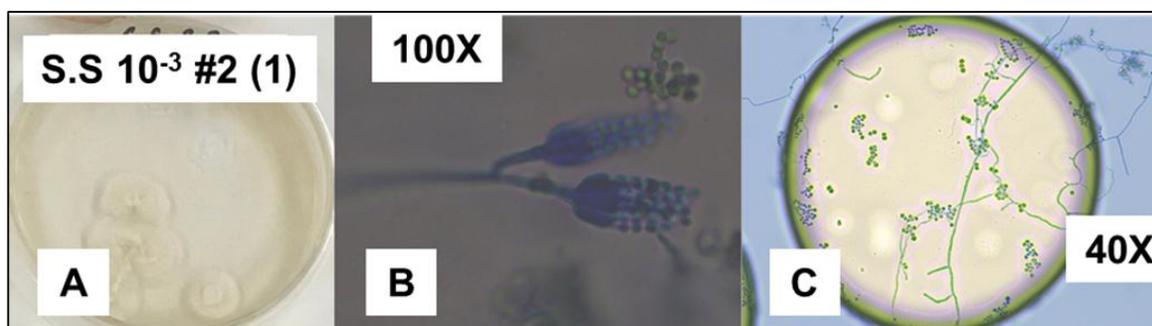


Figura 3. *Penicillium frequentans* en semilla seca de cebada cervecera. Imagen macroscópica (A) y microscópica (B y C) en medio PDA para muestra de semilla seca/ sin tratamiento de cebada cervecera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

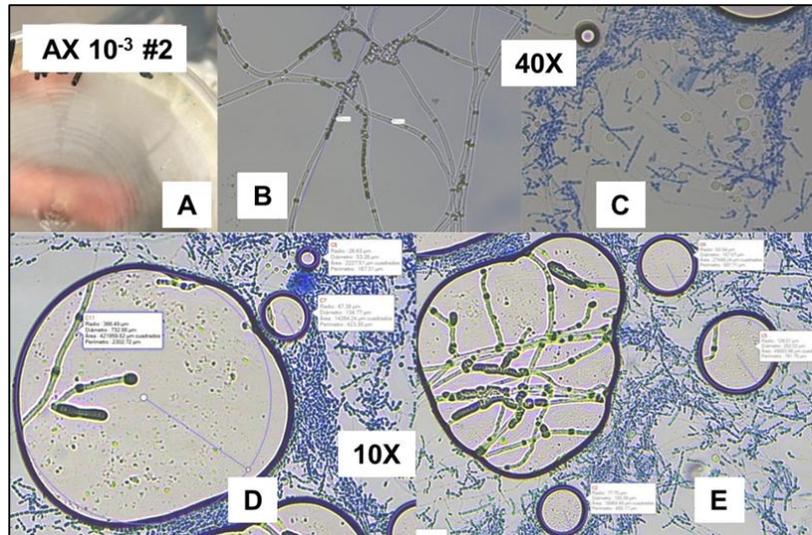


Figura 4. *Trichoderma* sp. en forraje cervecero. Imagen macroscópica (A) y microscópica (B, C y D) en medio PDA para muestra de forraje cervecero de cebada cervecera.

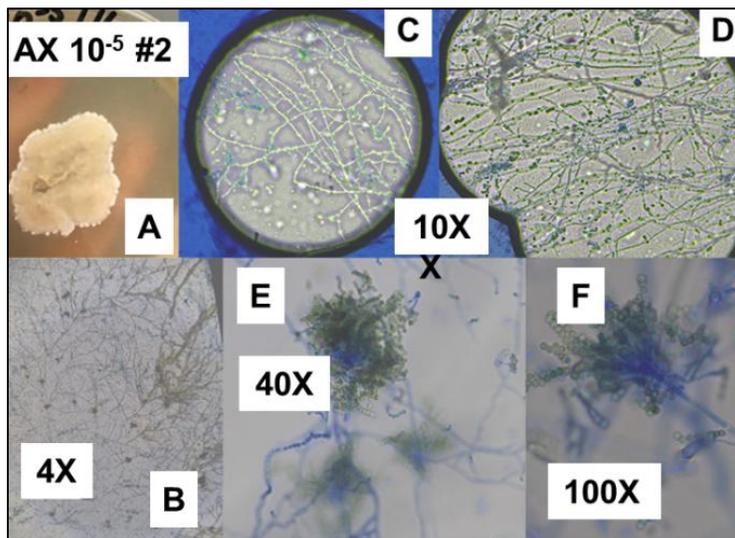


Figura 5. *Aspergillus niger* en forraje cervecero. Imagen macroscópica (A) y microscópica (B, C, D, E y F) en medio PDA para muestra de forraje cervecero de cebada cervecera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las cepas identificadas corresponden a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. En este sentido, Moreno (1979) los clasifican en hongos de almacén debido a su capacidad de infectar los granos con niveles de humedad relativamente bajos. Además, Arce & Reyes (2021) señalan que estos dos géneros están relacionados con la producción de micotoxinas. Para el género *Aspergillus* sp. se identificaron dos especies: *A. ochraceus*, perteneciente a la sección Circumdati, y *A. niger*, perteneciente a la sección Nigri, (Cuadro 2). Gómez et al. (2021) describen este género como mohos filamentosos de distribución cosmopolita que participan en diferentes procesos en la naturaleza. *Aspergillus ochraceus* es conocido por ser un productor de ocratoxina A (OTA), según lo señalan Ostry et al. (2013) y Perusia & Rodríguez (2017). Estos últimos autores indican que OTA, a concentraciones moderadas es nefrotóxica, mientras que a concentraciones altas puede ser hepatotóxica. Por otro lado, López et al. (2000), reportan que dicha especie fúngica es productora dominante en climas tropicales y subtropicales. Algo semejante ocurre *A. niger*, en donde Chuaysrinule et al. (2020), confirman que *A. niger* es productor de OTA a una concentración de 25,2 ng/g. Por otro lado, Ostry et al. (2013), reportan esta micotoxina como carcinógeno completo.

**Cuadro 2. Géneros y especies identificadas con ayuda de las claves Watanabe, 2018.**

Tipo de muestra	Dilución	Especie fúngica
<b>Pasto forrajero</b>	Fx 10 <sup>-3</sup> #1	<i>Micelio esterilia</i>
	Fx 10 <sup>-3</sup> #1 (1)	<i>Aspergillus ochraceus</i>
	Fx 10 <sup>-3</sup> #1 (2)	<i>Micelio esterilia</i>
	Fx 10 <sup>-3</sup> #1 (4)	<i>Penicillium</i> spp.
<b>Semilla seca de cebada cervecera</b>	S.S 10 <sup>-3</sup> #2 (1)	<i>Penicillium frequentans</i>
	S.S 10 <sup>-3</sup> #1	<i>Trichoderma</i> spp.
<b>Forraje cervecero</b>	Ax 10 <sup>-3</sup> #2	<i>Trichoderma</i> spp.
	Ax 10 <sup>-5</sup> #1 (2)	<i>Micelio esterilia</i>
	Ax 10 <sup>-5</sup> #1 (L)	<i>Micelio esterilia</i>
	Ax 10 <sup>-5</sup> #2	<i>Aspergillus niger</i>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Estos resultados respaldan la afirmación de López et al. (2000), de que estas dos especies de *Aspergillus* son productoras de ocratoxinas. Se identificó como el segundo tipo de hongo de almacén a *Penicillium*, logrando determinar una especie, *P. frequentans*, en dos de las muestras estudiadas. Aunque esta especie no es productora de micotoxinas, su presencia es un indicador de posibles contaminantes en alimentos. Según Abarca et al. (2000), el género *Penicillium* tiene el potencial de producir OTA, mientras que Vargas et al. (2023) han asociado este género con la producción de citrinina y patulina. Adicional, se identificó el género *Trichoderma*, que podría haberse desarrollado producto de contaminación, ya que donde se realizaron los cultivos fabrica productos biológicos y utiliza este género fúngico.

En cuanto a micotoxinas, se detectó la presencia de aflatoxinas en la muestra de pasto forrajero, correlacionada con la presencia del género *Aspergillus* spp, y en las muestras de cebada cervecera con *Penicillium* spp. se identificó la posible producción de ocratoxinas, evidenciando así la potencial implicancia toxicológica de los hongos aislados en los distintos sustratos analizados (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Micotoxinas encontradas.**

Micotoxina encontrada	Género	Tipo de muestra
Aflatoxina	<i>Aspergillus niger</i>	Forraje cervecero
	<i>Aspergillus ochraceus</i>	Pasto forrajero
Ocratoxinas	<i>Penicillium frequentans</i>	Pasto forrajero
	<i>Penicillium</i> spp	Semilla seca de cebada cervecera

### 3. Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA)

Se llevaron a cabo pruebas durante los meses comprendidos entre marzo y mayo de 2023 con un intervalo de 15 a 30 días, utilizando la técnica de ELISA. Los datos obtenidos ofrecen una visión detallada de la actividad inmunológica de las muestras analizadas. Según la investigación, se encontró que en promedio hay 15,813194 ppb de aflatoxinas. Se registró una reducción de 18,36806 ppb comparativamente con el estudio



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

llevado a cabo en 2022, de modo que, el enfoque riguroso en las medidas preventivas y el monitoreo constante de las condiciones del cultivo han demostrado ser clave en la reducción de contaminantes en los alimentos, garantizando la seguridad alimentaria y la salud de los consumidores.

Al observar los datos de la Figura 6, se puede apreciar que ambos tipos de semillas presentaron concentraciones de aflatoxinas significativamente por debajo del límite máximo. De manera similar, en la Figura 7, los resultados se mantienen dentro de los límites establecidos. De forma inesperada, se produjo un cambio en los resultados de las concentraciones en la Figura 8 y 9.

Cabe señalar que, las semillas tratadas de cebada cervecera registraron valores que se aproximaron al límite establecido, destacando que la muestra 2 excedió dicho umbral (Figura 8). En contraposición, las semillas secas exhibieron concentraciones inferiores al límite permitido. En esta misma línea, los resultados de la Figura 9 evidencian que ambas muestras de semillas de cebada cervecera superaron el límite máximo de 20 ppb fijado por el Gobierno Federal de los Estados Unidos para esta micotoxina en alimentos destinados al consumo humano y a vacas lecheras, según lo indicado por Villarreal & Vega (2019).

Estos resultados obtenidos se encuentran por debajo del límite máximo permitido de 20 ppb establecido por el Gobierno Federal de los Estados Unidos para esta micotoxina en alimentos para humanos y vacas lecheras, tal y como lo señalan Villarreal & Vega (2019) en su estudio. Por lo tanto, se demuestra la efectividad de un tratamiento que utiliza tres compuestos, siendo el primero de ellos el cloro. Un estudio realizado por Wu et al. (2000), muestra que el cloro es capaz de reducir 6 log<sub>10</sub> UFC/g la carga de *Shigella sonnei* en hojas de perejil al sumergirlas en una solución de 200 ppm de cloro libre durante 5 minutos. En otro estudio, se utilizó peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 5% durante 2 minutos, lo que provocó una reducción de 3,0<sub>10</sub> UFC/cm<sup>2</sup> en la carga de *Salmonella* sp. (Ukuku, 2004). Por otro lado, se utilizó hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>), el cual es un agente desnaturalizante de proteína y bactericida debido a sus grupos H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> disociados. En este sentido, se conoce que los hidróxidos son más efectivos por su alta disociación, lo que permite al catión metálico ejercer una acción tóxica directa, según lo señalado por Calderón (2005).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

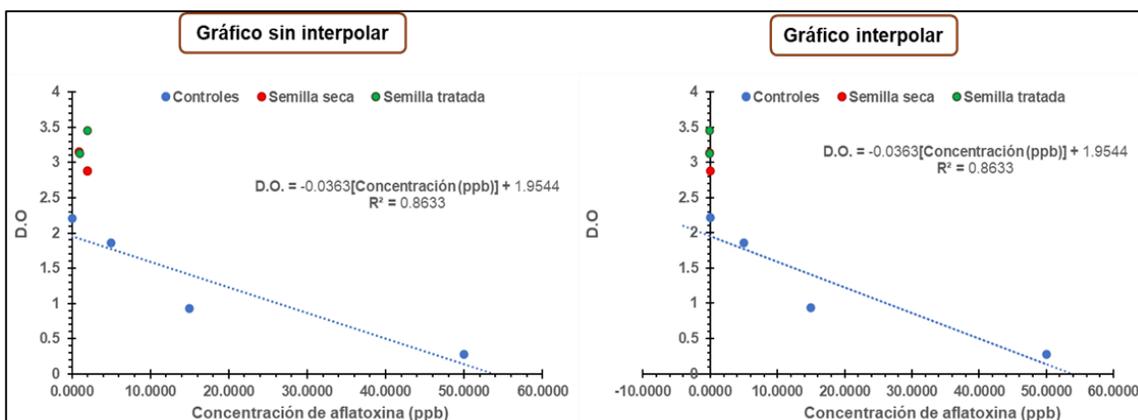


Figura 6. Ensayo de ELISA #1.

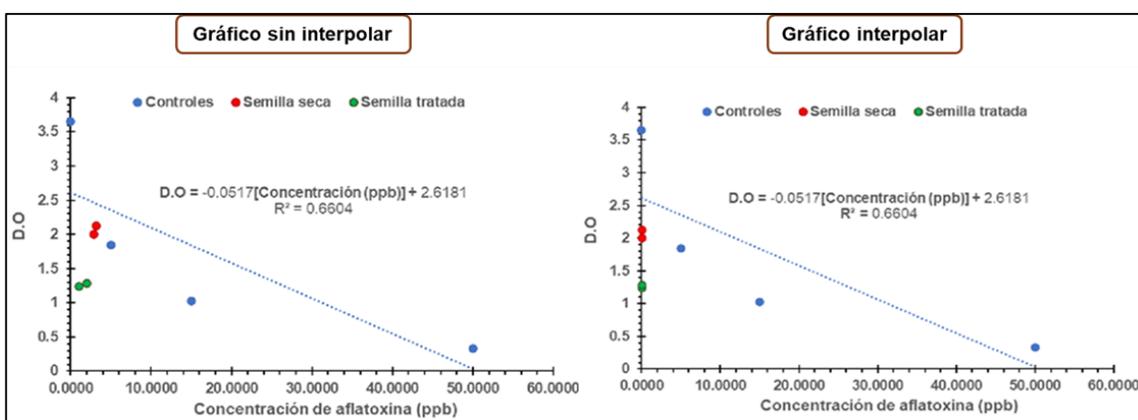


Figura 7. Ensayo de ELISA #2.

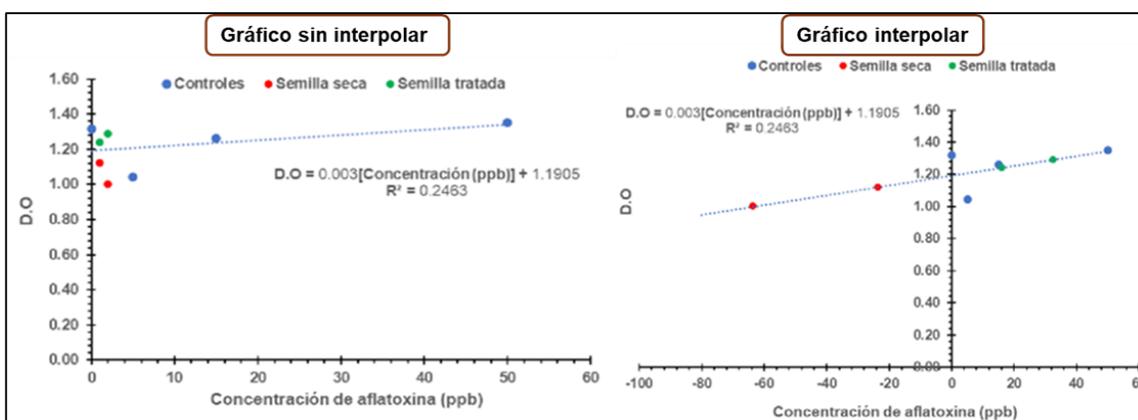
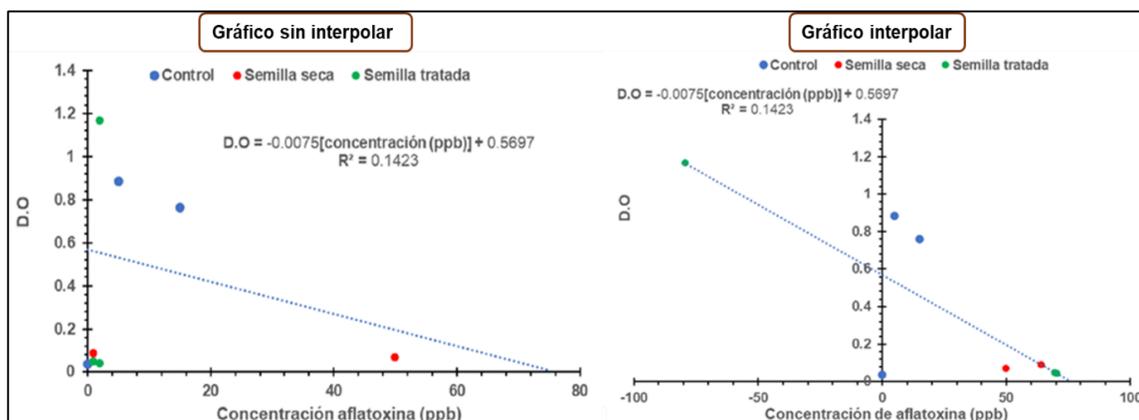


Figura 8. Ensayo de ELISA #3.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 9. Ensayo de ELISA #4.**

Para determinar la concentración final de aflatoxinas, obviando los datos negativos, se aplicó la prueba Wilcoxon, una prueba no paramétrica que compara el rango medio de dos muestras relacionadas y determina si existen diferencias entre ellas (Wilcoxon, 1945), en conjunto con la prueba Kruskal-Wallis, la cual busca establecer si un conjunto de datos proviene de la misma población (Kruskall y Wallis, 1952), cuyos resultados se presentan en la Figura 10. Demostrando que no hay diferencias significativas en la concentración de aflatoxina entre la semilla tratada y semilla seca ( $Z = 1,81$ ,  $p = 0,0705$ ).

En cuanto a los promedios de cada muestra, se observa que la semilla seca presentó una concentración de aflatoxinas menor ( $8,355 \pm 9,5725$ ) en comparación con la semilla tratada ( $23,5908 \pm 9,5725$ ). Por otro lado, se observó que la variación ( $27,36265$  ppb) indica que las concentraciones varían considerablemente entre ellas. Adicionalmente, la mediana (RIC) obtuvo un valor de  $0,02885377$  ( $0,0 - 28,42$ ) ppb. También, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk debido a que se trabajó con datos no normales, con la finalidad de comparar las medias de ambos tipos de semillas, obteniendo resultados de  $W = 0,617400$ ,  $p = 0,00002373509084$  (no normal).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

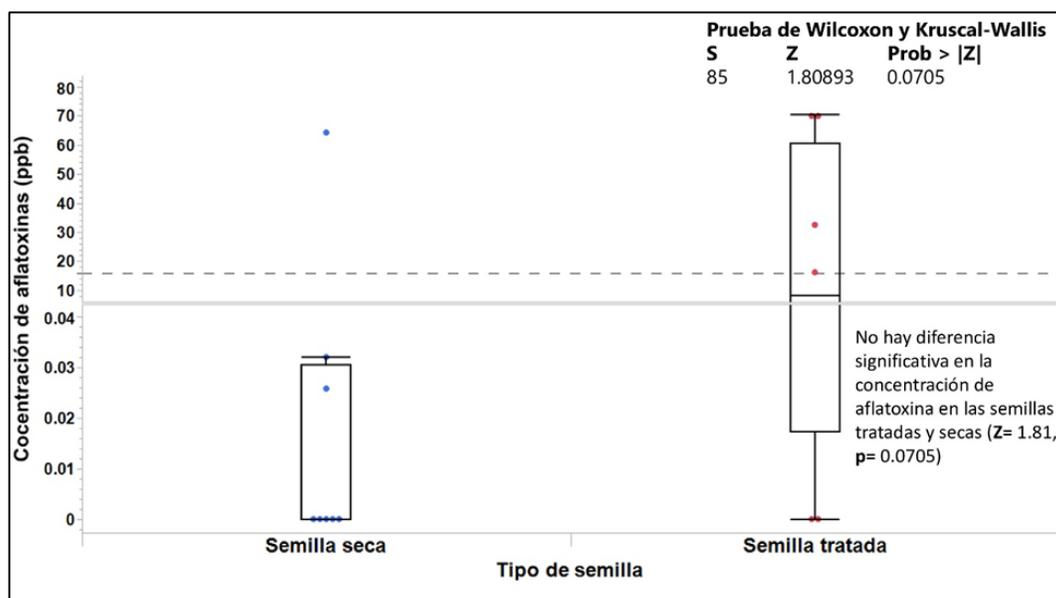


Figura 10. Prueba de Wilcoxon (1945) y Kruskal – Wallis (1952).

### CONCLUSIONES

- Los aislamientos fúngicos realizados se agruparon en hongos de almacenamiento, basado en sus características morfológicas y microscópicas, como *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp., quienes se destacan por ser productores de aflatoxinas y otras micotoxinas.
- En cada muestra analizada de semilla de cebada cervecera y cebada forrajera se encontraron los géneros y especies *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium frequentans*, *Aspergillus niger*, simultáneamente, se identificó *Trichoderma* sp.
- Se logró reducir los niveles de aflatoxinas por debajo del estándar establecido por las autoridades federales de Estados Unidos para la comida, tanto para humanos como para vacas lecheras, gracias a las medidas implementadas en el presente estudio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## REFERENCIAS

- Abarca, L., Bragulat, R., Castellá, G., Accensi, F., & Cabañes, J. (2000). Hongos productores de micotoxinas emergentes. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, S63-S68. [https://www.researchgate.net/publication/239603267\\_Hongos\\_productores\\_de\\_micotoxinas\\_emergentes](https://www.researchgate.net/publication/239603267_Hongos_productores_de_micotoxinas_emergentes)
- AOAC International. (2001). Official Method 2001.06: Total fumonisins in corn by competitive direct ELISA [PDF]. AOAC Official Methods of Analysis. [http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=1&products\\_id=1601](http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=1601)
- Arce, J. B., & Reyes, S. (2021). *Determinación de Aflatoxinas en alimento balanceado para perros*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57305>
- Autoridad Panameña de Seguridad de Alimentos. (2009). Resuelto AUPSA - DINAN - 092-2009. Gaceta Oficial Digital, No. 26390-A, 16 de octubre de 2009. [https://sit.apa.gob.pa/aupsa/requisitos/Aupsa%20Dinan-092-2009%20\(2\).pdf](https://sit.apa.gob.pa/aupsa/requisitos/Aupsa%20Dinan-092-2009%20(2).pdf)
- Biovet, S.A. (2019). Cereales alternativos en alimentación animal. *Veterinaria digital*. <https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/alternative-cereals-in-animal-feed/>
- Calderón, K. (2005). *Comparación del efecto desinfectante de hidróxido de calcio vrs. Una mezcla de ácidos orgánicos y surfactantes, aplicados en pediluvios de una granja avícola en el departamento de Guatemala*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos De Guatemala]. Repositorio del sistema bibliotecario, USAC. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10\\_0842.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_0842.pdf)
- Castillo, D., Bautista, A., Ávila, D., Sáenz, J., & Castillo, F. (2015). Tratamientos químicos y biológicos para estimular la germinación en semillas de *Nolina cespitifera* Trel. *Polibotánica*, 45, 147-156. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.11>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Chuaysrinule, C., Maneeboon, T., Roopkham, C., & Mahakarnchanakul, W. (2020). Occurrence of aflatoxin- and ochratoxin A-producing *Aspergillus* species in Thai dried chilli. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100054. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100054>
- Cuéllar, J. (2021a). Aflatoxinas en Rumiantes: ¿Qué efectos tienen? *Veterinaria Digital*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/aflatoxinas-en-rumiantes-que-efectos-tienen/#:~:text=Los%20efectos%20agudos%20de%20la,%2C%20anemia%2C%20epistaxis%20y%20melena>
- Cuéllar, J. (2021b). Micotoxinas en forrajes para vacas: ¿Qué efectos tienen?. *Veterinaria Digital*. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/micotoxinas-en-forrajes-para-vacas-que-efectos-tienen/>
- Estrada, M., Rachell, J., Herrera, R., Rodríguez, L., Montañez, D., Navarro, G., & Martínez, Álex. (2025). Aislamiento e Identificación de la microbiota de suelos dedicados al cultivo de tomate en Azuero. *Ciencia Agropecuaria*, (40), 100-124. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/667>
- Fernández, M. (2011). Cereales procesados en la nutrición del vacuno lechero. *Mundo Ganadero*. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_MG%2FMG\\_2011\\_238\\_32\\_36.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_MG%2FMG_2011_238_32_36.pdf)
- Garmendia, G., & Vero, S. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Revista Horticultura*. [https://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh197/18\\_27.pdf](https://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh197/18_27.pdf)
- Gómez, M., Arboleda, J., & Mosquera, O. (2021). Género *Aspergillus*: Fuente potencial de péptidos bioactivos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 73-89. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5610>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Google. (2024). [Captura de pantalla de Google Maps que muestra la ubicación de El Hato, Aguadulce, Panamá]. <https://shorturl.at/x6gc1>

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583-621.  
<https://doi.org/10.2307/2280779>

López, A., Jiménez, A., Ezpeleta, O., & Bello, J. (2000). Efectos tóxicos de la Ocratoxina A. *Revista de Toxicología*, 17 (2), 61-69.  
<https://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/2020/12/revtox.17.2.2000.61-69.pdf>

Moral, A. (2017). *Aflatoxinas B1 y M1: Problemática y Métodos de análisis para su determinación en piensos y leche*. [Tesis grado, Universidad de Jaén].  
<https://crea.ujaen.es/items/30ae8352-e3a5-4601-b316-038f6a08f6ee>

Moreno, E. (1979). Efecto de los hongos de almacén sobre la viabilidad de las semillas de maíz y soya. *Scientia Fungorum*, 2(13), 195-203.  
<https://doi.org/10.33885/sf.1979.2.505>

Neogen Corporation. (2018). Manual Veratox para aflatoxina. Prueba cuantitativa.  
[https://www.neogen.com/49a853/globalassets/pim/assets/original/10033/official\\_8\\_030\\_veratox-for-aflatoxin\\_procedures\\_es.pdf](https://www.neogen.com/49a853/globalassets/pim/assets/original/10033/official_8_030_veratox-for-aflatoxin_procedures_es.pdf)

Olvera, E. (2021). Micotoxinas, los enemigos silenciosos. Ganaderia SOS.  
<https://ganaderiasos.com/2021/07/18/micotoxinas-los-enemigos-silenciosos/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2003). Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas.  
<https://www.fao.org/4/y1390s/y1390s00.htm>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Ostry, V., Malir, F., & Ruprich, J. (2013). Producers and important dietary sources of ochratoxin A and citrinin. *Toxins (Basel)*, 5 (9), 1574-1586.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3798874/>

Perusia, O., & Rodríguez, R. (2017). *Ochratoxina, A-Citrinina Y Ácido oxálico*. Plantas tóxicas y micotoxinas. Sitio argentino de producción animal.

[https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/Micotoxicosis/82-Ochatoxina.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/82-Ochatoxina.pdf)

Portal Braford. (2018). *Proceso De Alimentación De La Vaca Y 4 Tipos De Alimentos*.

<https://portalbraford.com/proceso-alimentacion-la-vaca-4-tipos-alimentos/>

San Miguel, J., Perón, N., Suárez, A., & Peralta, E. (2018). La importancia de la alimentación en el ganado vacuno. Blog con sentido vacuno.

<https://www.blog.consentidovacuno.es/posts/la-importancia-de-la-alimentacion-en-el-ganado-vacuno.aspx>

Ukuku, D. (2004). Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. *International Journal of Food Microbiology*, 95 (2), 137-146.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.021>

Universidad Nacional de Formosa. (2017). TP-8 Micología [PDF]. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNP.

<https://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/microambiental/wp-content/uploads/2016/08/TP-8-Micología.pdf>

Vargas, E., Moreano, N., Cárdenas, J., & Montoya, S. (2023). Presencia de micotoxinas y sus metabolitos, efecto del consumo en cereales. *Reciena*, 4 (1), 87-97.

<https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/101>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Vieira, I., Barreto, L., & Costa de Lima, K. (2005). Eficacia de la solución de hidróxido de calcio a 20% en la reducción de microorganismos asociados a la carie de dentina. *Acta Odontológica Venezolana*, 43 (3).

[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-63652005000300006&lng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652005000300006&lng=es)

Villarreal, E., & Vega, A. (2019). Normas sobre el control de la presencia de micotoxinas en la leche producida en Panamá. *Revista Plus Economía*, 7 (1), 55-64.

<https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/288>

Watanabe, T. (2018). Pictorial Atlas of Soilborne Fungal Plant Pathogens and Diseases. Ediciones CRC Press.

Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80-83. <https://www.jstor.org/stable/3001968?origin=crossref>

Wu, F., Doyle, M., Beuchat, L., Wells, J., Mintz, E., & Swaminathan, B. (2000). Fate of *Shigella sonnei* on parsley and methods of disinfection. *Journal of food protection*, 63(5), 568–572. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.5.568>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ÍNDICES ZOOTÉCNICOS E INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DOBLE PROPÓSITO<sup>1</sup>

*Raúl H. De León-García<sup>2</sup>; Víctor Escudero<sup>3</sup>; Claudia Rivas<sup>4</sup>;  
Anel Martínez<sup>4</sup>; Verónica González<sup>4</sup>*

### RESUMEN

El objetivo fue determinar los índices zootécnicos e indicadores de productividad y su impacto en el sistema doble propósito. El trabajo se realizó en Colón, Panamá Este y Darién y la información se obtuvo de una encuesta aplicada a 20 fincas. Los índices zootécnicos evaluados fueron: tasa de nacimiento (TN), de mortalidad en terneros (TMT), intervalo entre partos (IEP), días abiertos (DA), edad al primer servicio (EPS), edad al primer parto (EPP), duración de la lactación (DL), peso al nacimiento (PN) peso al destete (PD) y la relación vaca en ordeño: inventario (VO/VT). Los indicadores de productividad considerados fueron: producción/vaca/día (PDL), productividad/lactancia (PPL), producción de leche/año (PL/año), producción de leche/ha (PL/ha), kilos de carne/año (PC) y kilos de carne/ha (PC/ha). El análisis se realizó mediante un diseño de estadística básica y para los indicadores de productividad se utilizó el análisis multivariado (AM). Los índices fueron los siguientes: TN: 25,9% ( $\pm 16,1$ ), TMT: 3,90% ( $\pm 11,6$ ), PN: 40,12 ( $\pm 6,83$  kg); PD 124,42 ( $\pm 16,19$  kg), IEP: 424,67 ( $\pm 205,57$  días), DA: 151,0 ( $\pm 88,9$ ) EPS: 19,66 meses, EPP: 28,6 meses, DL: 223,75 ( $\pm 25,59$  días), VO/VT: 27% ( $\pm 14\%$ ). El AM permitió conformar cinco grupos, de ellos, el número 5 presentó los mejores indicadores productivos con PLD de 6,46 L ( $\pm 1,42$ ), PPL 1 479,06 L ( $\pm 332,17$ ), PL/año 48 666,67 ( $\pm 8 429,31$ ), PL/ha de 718,65 L ( $\pm 579,47$ ). De igual manera, es uno de los grupos con mayor PC (5 307,12  $\pm 4 833,71$ ) y PC/ha con 145,45 kg ( $\pm 57,53$ ). Los resultados permiten concluir la necesidad de mejorar los índices zootécnicos tales como tasa de nacimientos y proporción vacas en ordeño, vacas totales e indicadores como producción diaria de leche/vaca y producción total de leche/ha, para lograr la sostenibilidad de estos sistemas.

**Palabras clave:** Duración de la lactación, intervalo entre partos, producción de carne/ha, producción de leche/ha, tasa de nacimiento.

<sup>1</sup>Recepción: 6 de febrero de 2025. Aceptación: 19 de febrero de 2025. Actividad financiada por el Proyecto de Investigación e Innovación Tecnológica para Contribuir a Mejorar la Eficiencia y Rentabilidad del Sistema Doble Propósito en Panamá Este, Darién y Colón. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>2</sup>IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Oriental (CIAOr), subcentro de Buena Vista, Colón. Ing. Agr. Zootecnista. e-mail: [raul.deleong@idiap.gob.pa](mailto:raul.deleong@idiap.gob.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6223-5380>

<sup>3</sup>IDIAP, CIAOr. Tanara, Chepo. Médico Veterinario.

<sup>4</sup>IDIAP, CIAOr.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ZOOTECNICAL INDICES AND PRODUCTIVITY INDICATORS FOR DUAL-PURPOSE SYSTEMS

### ABSTRACT

The objective was to determine the zootechnical indices and productivity indicators and their impact on the productivity of the production system. The work was carried out in Colón, East Panama and Darién and the information was obtained from a survey applied to 20 farms. The zootechnical indices evaluated were: birth rate (BR), calf mortality rate (CM), calving interval (CI), open days (OD), age at first service (AFS), age at first calving (AFC), lactation duration (LD), birth weight (BW), weaning weight (WW) and cow-milking: inventory ratio (MC/I). The productivity indicators considered were: production/cow/day (PCD), lactation productivity (LP), milk production/year (MP/year), milk production/ha (MP/ha), kg of meat/year (MP/year) and kg of meat/ha (MP/ha). The analysis was carried out using a basic statistical design and multivariate analysis (MA) was used for productivity indicators. The indices were as follows: BR: 25.9% ( $\pm 16.1$ ), CM: 3.90% ( $\pm 11.6$ ), BW: 40.12 ( $\pm 6.83$  kg); WW 124.42 ( $\pm 16.19$  kg), CI: 424.67 ( $\pm 205.57$  days), OD: 151.0 ( $\pm 88.9$ ), AFS: 19.66 months, AFC: 28.6 months, LD: 223.75 ( $\pm 25.59$  days), MC/I: 27% ( $\pm 14\%$ ). The MA allowed the formation of 5 groups, of them, number 5 presented the best productive indicators with a PCD of 6.46 L ( $\pm 1.42$ ), LP 1,479.06 L ( $\pm 332.17$ ), MP/year 48,666.67 ( $\pm 8,429.31$ ), MP/ha 718.65 L ( $\pm 579.47$ ). It is also one of the groups with the highest MP/year (5,307.12  $\pm 4,833.71$ ) and MP/ha with 145.45 kg ( $\pm 57.53$ ). The results allow us to conclude the need to improve zootechnical indices and indicators to achieve the sustainability of these systems.

**Keywords:** Birth rate, calving interval, lactation duration, meat production/ha, milk production/ha.

### INTRODUCCIÓN

En nuestro país, los Sistemas de Producción Bovino de Doble Propósito (SDP), hoy conocidos como “*sistemas lecheros familiares*”, han demostrado ser los sistemas productivos más apropiado para nuestras condiciones por su versatilidad al producir leche y carne bajo condiciones difíciles de ambiente, alimentación, manejo y políticas gubernamentales, entre otros factores y a pesar de ello, en Panamá, la producción de leche ha mantenido un ritmo de crecimiento sostenido durante los dos últimos años, con un aumento de 8,2% en la recepción, lo que representa un incremento de 7,4 millones de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

litros, de los cuales, los SDP aportan el 20% de la leche agrupando el 73% de los productores del país según Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2022), pero a pesar de este crecimiento, el sub sector lechero presenta déficits comerciales que nos llevan a suponer que los distintos sistemas productivos son incapaces de alcanzar niveles de competitividad que impulsen el crecimiento de la oferta interna a un nivel que satisfaga la demanda nacional. Aunado a todo esto, la actividad se ha venido relacionando con sistemas rudimentarios con bajos índices de productividad parcial (Ortega-Soto et al., 2007) y con cuestionables niveles de eficiencia, por lo que se requiere del estudio de los factores que los afectan (Urdaneta et al., 2013).

El alto grado de heterogeneidad que existe entre las explotaciones que conforman una población, dificulta la toma de decisiones de carácter transversal (Cabrera et al., 2004). Dentro del universo de explotaciones pecuarias existen grupos o estratos diferenciados por el grado de adopción de tecnología en componentes tales como alimentación, manejo animal, genética salud animal, reproducción e inclusive en administración de los bienes y recursos afectando, esta diferenciación, la sostenibilidad de los sistemas.

Este grado de diversidad y complejidad son fenómenos fácilmente perceptibles, sin embargo, para apreciar la estructura de algo tan complejo de manera que permita agrupar esa realidad en unidades más homogéneas se requiere de metodologías a veces más complejas y ante esta dificultad frecuentemente se tiende a subestimar las diferencias entre las fincas (Miranda, 1988).

En el mundo moderno, el manejo de la información es lo que diferencia los países desarrollados de los no desarrollados siendo ésta, la estrategia tecnológica más importante en el desarrollo de las diferentes actividades involucradas en el fortalecimiento socioeconómico de los pueblos.

A partir del conocimiento de los diferentes factores que interactúan en la actividad ganadera y de las variables que se generan a partir de ellos, se pueden desarrollar una serie de indicadores que definen sistemas productivos, procesos, eficiencia e impacto,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

desde los cuales se pueden hacer ajustes y predecir los resultados en los sistemas de producción (Colmenares et al., 2007).

Lo anteriormente expuesto plantea la necesidad de conocer algunos indicadores productivos de la actividad ganadera de doble propósito que nos permitan definir la situación actual de los sistemas y la eficiencia de los procesos. Con la realización de este trabajo pretendemos cubrir algunos de estos aspectos, haciendo énfasis en la utilidad que tiene la interpretación de estos indicadores en la determinación de la productividad de los sistemas de doble propósito.

### **MATERIALES Y MÉTODOS.**

El trabajo se realizó en las provincias de Colón, Panamá Este y Darién localizadas en el extremo oriental de la República de Panamá (Figura 1). Estas provincias, de acuerdo a la clasificación territorial de zonas agroclimáticas elaborada por la Dirección Nacional de Ganadería del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2002), la cual establece cinco grandes zonas agroecológicas (Figura 2) y teniendo en cuenta las condiciones de precipitación, humedad y topografía, se ubican dentro de las siguientes zonas;

- a. **Zona 2:** Caracterizada por tener una precipitación entre 100 y 200 mm durante los meses secos del año y una precipitación total anual de 1500 a 3000 mm. La altura sobre el nivel del mar de esta zona está entre 100 y 400 metros y sus suelos son más bien variados y ondulados.
- b. **Zona 3:** Esta zona se caracteriza por tener entre tres y cuatro meses de sequía; generalmente tiene un promedio de precipitación total, en los cuatro meses más secos superior a los 200 mm. La precipitación total anual está entre 2000 y 3000 mm. La altura sobre el nivel del mar de esta zona está entre 200 y 500 metros; los suelos de esta región son muy semejantes a los suelos de la zona 2 de sequía intermedia.
- c. **Zona 5:** Esta zona agroclimática se caracteriza por ser muy lluviosa, sin tener una temporada de sequía marcada. Los suelos de esta zona son variados, de poca a mediana profundidad.

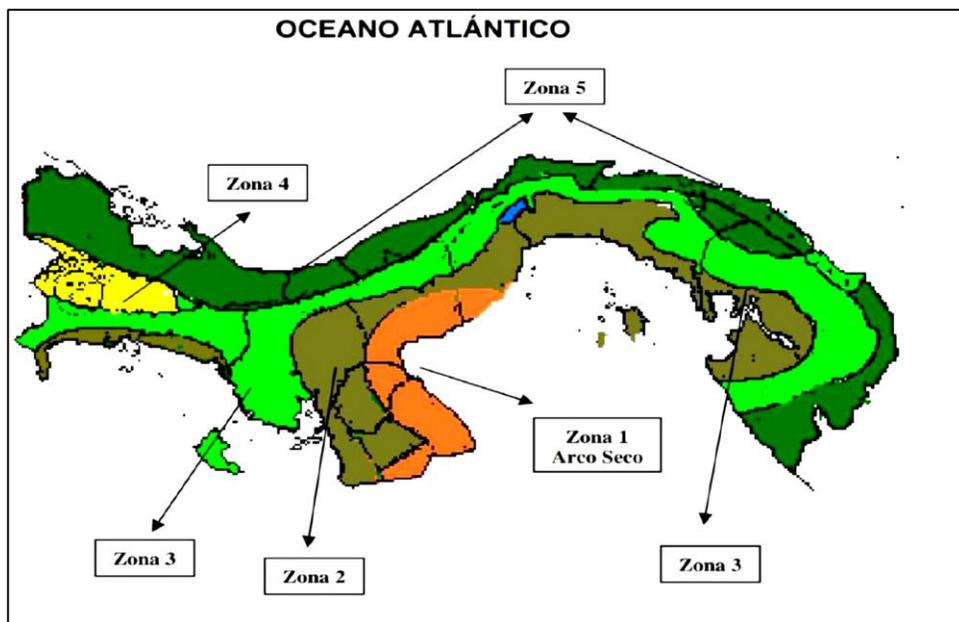


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Fuente: Centro de Competitividad de la Región Occidental de Panamá (2018).

**Figura 1. Localización del área de estudio.**



Fuente: MIDA, 2002.

**Figura 2. Zonas Agroclimáticas de Panamá.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Metodología

La información se obtuvo de una encuesta semiestructurada aplicadas a 20 fincas del sistema de doble propósito localizadas en las cuencas lecheras de Nuevo Tonosí (Colón), Chepo cabecera, Cañita, Tortí (Panamá Este), Agua Fría, Santa Fe y Metetí (Darién) y que representan el 10% de las explotaciones dedicadas a la actividad al momento de levantarlas (Cuadro 1), siguiendo la metodología propuesta por Cabrera et al. (2004) y descrita en trabajos realizados anteriormente por Vargas-Leitón et al. (2013), Avilez et al. (2010) y De León et al. (2018).

**Cuadro 1. Distribución de las encuestas aplicadas a los productores del Sistema doble propósito.**

PROVINCIA	ENCUESTAS LEVANTADAS	PORCENTAJE DE LA MUESTRA
Colón	3	15%
Panamá Este	7	35%
Darién	10	50%

Dentro de las características de las fincas se consideraron; superficie de la finca, tipo de pasturas, uso de la tierra, inventario ganadero, grupos raciales (cruces en diferentes proporciones de *Bos taurus* x *Bos indicus*), vacas en ordeño y categoría (vacas secas, novillas en desarrollo, terneras hasta los 12 meses) de los animales. Los índices zootécnicos que se tomaron en cuenta fueron; tasa de natalidad (TN), mortalidad de terneros menores de un año (MT), peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), intervalo entre partos (IEP), edad al primer servicio (EPS), edad al primer parto (EPP), duración de la lactación (DL), relación vaca en ordeño: inventario (VO/VT) y carga animal (CA).

Como indicadores de productividad se tomaron en cuenta; el promedio producción/vaca/día (PDL), producción de leche no ajustada/lactancia (PLL), producción de leche/ha (PL/ha), producción de leche/año (PL/ha), producción de carne/ha (PC/ha) y producción de carne/año (PC). Las variables económicas fueron los ingresos por venta de leche al año y los ingresos por venta de kg de carne al año.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Análisis estadístico

De las encuestas levantadas, se generaron 84 variables las cuales, utilizando el procedimiento recomendado por Hair et al. (2010) permitió realizar una estandarización y agregación de estas variables, con el fin de mejorar y simplificar la estructura de los datos antes de la implementación de los análisis multivariados.

De las variables generadas, se seleccionaron, de manera *a priori*, 14 no correlacionadas, basadas en la contribución de las mismas a la productividad de la finca que se detallan a continuación en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Variables seleccionas a priori.**

VARIABLE	UNIDAD
Superficie	ha
Inventario	Cabezas
Vacas en ordeño	Cabezas
Producción de leche/vaca/día	L
Duración de la lactación	días
Producción de leche/lactancia	L
Producción leche/año	L
Producción de leche/ha	L
Relación vaca en ordeño: hato total	%
Tasa de nacimientos	%
Tasa de mortalidad en terneros	%
Producción de carne/año	kg
Producción de carne/ha	kg
Carga animal	UA

UA = unidad animal equivalente a 400 kg de peso vivo; ha = hectárea; L = litros;  
% = porcentaje; kg = kilogramos.

Mediante la técnica de análisis descriptivo se calcularon los promedios, la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada una de las variables considerando aquellas que presentaban mayor variabilidad (coeficiente de variación  $\geq 30\%$ ) y que no estuvieran correlacionadas (Cuadro 3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Análisis descriptivo

El análisis descriptivo permitió obtener estadísticos para las variables de tipo cuantitativo (Cuadro 4). Esta información se sometió a un proceso de edición a fin de detectar valores extremos biológicamente improbables, utilizando como criterio la distribución de probabilidad (por ejemplo: distribución normal, promedio, desviación estándar).

**Cuadro 3. Coeficientes de correlación de Pearson para las variables seleccionadas.**

Var	1	2	3	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,000														
2	0,718	1,000													
3	0,226	0,135	1,000												
4	0,369	0,627	0,113	1,000											
5	0,377	0,594	0,261	0,949	1,000										
6	0,108	0,132	0,480	0,166	0,462	1,000									
7	0,315	0,312	0,869	0,541	0,670	0,546	1,000								
8	-0,379	-0,589	0,573	-0,119	0,001	0,314	0,478	1,000							
9	-0,310	-0,512	0,255	-0,092	0,104	0,563	0,230	0,648	1,000						
10	0,251	-0,016	-0,290	-0,029	-0,052	-0,108	0,204	-0,185	-0,095	1,000					
11	0,434	0,621	0,349	0,134	0,223	0,359	0,289	0,254	-0,260	-0,211	1,000				
12	-0,582	-0,284	0,129	0,278	0,278	0,110	0,279	0,416	0,272	-0,263	-0,167	1,000			
13	-0,481	-0,073	0,037	0,311	0,071	0,206	0,038	0,111	0,056	-0,320	0,375	0,623	1,000		
14	-0,587	-0,069	-0,148	0,239	0,191	-0,025	-0,005	-0,036	-0,047	-0,284	-0,044	0,860	0,715	1,000	
15	0,354	0,391	0,805	0,453	0,598	0,571	0,898	0,327	0,146	-0,203	0,465	0,156	0,086	-0,044	1,000

**Cuadro 4. Análisis descriptivo de las variables *a priori*.**

VARIABLE	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	C.V. (%)
Superficie (ha)	59,95	12,00	120,00	59,80
Inventario (cabezas)	71,85	23,00	175,00	55,43
Vacas en ordeño (cabezas)	16,45	6,00	33,00	46,69
Producción de leche/vaca/día (L)	5,52	2,50	13,33	42,36
Duración de la lactación (días)	223,75	210,00	305,00	11,44
Producción de leche/lactancia (L) <sup>1</sup>	1244,00	525,00	2800,00	44,43
Producción leche/año (L)	33853,75	7300,00	89,425,00	63,31
Producción de leche/ha (L)	836,61	94,91	3,650,00	97,97
Relación vaca en ordeño: hatos total (%)	27,10	5,00	60,00	50,17
Tasa de nacimientos (%)	25,85	7,00	65,00	62,25
Tasa de mortalidad en terneros (%)	3,95	0,00	50,00	293,34
Producción de carne/año (kg)	3541,61	544,32	10886,40	77,97
Producción de carne/ha (kg)	75,60	14,73	218,40	79,53
Carga animal (UA)	1,38	0,42	4,54	62,88

<sup>1</sup> producción de leche no ajustada.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Análisis multivariado

Con el propósito de agrupar fincas homogéneas en términos de índices zootécnicos e indicadores de productividad, se utilizaron técnicas de análisis multivariados como; análisis de componentes principales (ACP), análisis de conglomerados (AC) y análisis discriminante (AD).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de las fincas

De acuerdo a los resultados de las encuestas, todo indica que estos sistemas de producción están en manos de pequeños y medianos productores, con fincas de 59,93 ha ( $\pm 35,88$ ) en promedio, destinadas a la actividad ganadera en su totalidad. Este tamaño de finca es menor a las 67,4 ha reportadas por Guerra et al. (2016), pero mayor al promedio nacional (45,43 ha).

En estas explotaciones, la alimentación se basa en el uso de pasturas nativas especialmente ratana (*Ischaemun indicum*) que cubre más del 70% de la superficie de la finca. En menor proporción, encontramos pasturas mejoradas como Tanner (*Brachiaria radican*) y los cultivares Marandú y Decumbens (ambas *Brachiarias* sp.). En lo que se refiere a pastos de corte, bancos energéticos y bancos proteicos la superficie sembrada, al momento del levantamiento de las encuestas, era muy poca o nula y la distribución de la tierra se detalla a continuación en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Uso de la tierra según encuesta levantada (2022).**

DISTRIBUCIÓN DE LA TIERRA	COEF.	SUP.	%
En pastos nativos	ha	45,0	76,27%
En pastos mejorados	ha	3,5	5,93%
Pasto por corte	ha	0,5	0,85%
Cultivo forrajero	ha	0,0	0,00%
Banco de proteína	ha	0,0	0,00%
Área de crianza y levante	ha	0,5	0,85%
Instalaciones	ha	0,5	0,85%
Otros usos	ha	9,0	15,25%
<b>SUPERFICIE TOTAL PROMEDIO</b>	<b>ha</b>	<b>59,0</b>	<b>100,00%</b>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El inventario ganadero está compuesto en promedio por 71,85 ( $\pm 39,82$ ) animales, de los cuales el 22,9% del hato están en ordeño (Cuadro 6), el cual se realiza de forma manual con apoyo del ternero. En estos sistemas predominan los animales cruzados con encastes de Holstein x cebú y/o Pardo suizo x cebú en proporciones que van de 50% a 75% de sangre europea.

**Cuadro 6. Composición del hato.**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CANT.</b>	<b>C.A.<sup>1/</sup></b>
Vacas en producción	16	18,00
Vacas secas	18	20,25
Machos hasta 1 año	7	1,16
Hembras hasta 1 año	8	1,33
Hembra de 1 a 2 años	10	5,50
Hembras de 2 a 3 años	11	10,04
Toros (servicio - repaso)	1	13,75
<b>TOTALES</b>	<b>71</b>	<b>1,187</b>

<sup>1/</sup> UA = 400 kg PV.

En el aspecto de suplementación estratégica, solo las vacas en ordeño reciben una suplementación energético-proteica, la cual se realiza durante la época seca, que va de enero a abril y que coincide con la baja disponibilidad de forraje. Esta suplementación se ofrece a través del suministro de pasto de corte (aquellos que tienen pequeñas parcelas, principalmente de cultivar OM-22), alimento balanceado, ensilaje de maíz, pacas, melaza y rastrojos de cosecha en algunas ocasiones, siendo la mayoría de estos alimentos adquiridos en el mercado local y/o a través de productores que se dedican a su producción y venta con precios elevados.

El plan sanitario consiste en realizar dos desparasitaciones al año, sin embargo, la cantidad de baños que realizan es hasta cuatro meses, lo que indica serios problemas con los ectoparásitos, coincidiendo con lo señalado por De León et al. (2018) quienes indican la posibilidad de resistencia de las garrapatas a los productos utilizados para su control. Además de los controles de endo y ectoparásitos, algunas fincas vacunan contra la rabia bovina paralítica (zonas endémicas a la enfermedad) y la mayoría aplica la vacuna contra pierna negra, septicemia hemorrágica y carbón sintomático. Como práctica común, todas



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

las fincas aplican vitaminas, reconstituyentes y minerales inyectables una o dos veces al año, dependiendo de la cantidad de veces que se desparasiten los animales.

### Índices zootécnicos

De acuerdo al análisis de los datos, la tasa de nacimientos (TN) es de 25,9% ( $\pm 16,1$ ), la de mortalidad en terneros (TMT) de 3,90% ( $\pm 11,6$ ), el peso al nacimiento (PN) de 40,12 kg ( $\pm 6,83$ ) y al destete (PD) de 124,42 kg ( $\pm 16,19$ ). Para las variables intervalo entre partos (IEP) y días abiertos (DA) las medias fueron de 424 días ( $\pm 205,57$ ) a 151 ( $\pm 88,9$ ) días, respectivamente. Estas variables se estimaron teniendo en cuenta el registro de los resultados de los diagnósticos de gestación realizados en fincas colaboradoras durante cuatro años (Cuadro 7).

Para los indicadores de edad al primer servicio (EPS) y edad al primer parto (EPP) los valores calculados fueron de 19,66 a 28,6, respectivamente mientras que la duración de la lactación (DL) se estimó en 223,75 ( $\pm 25,59$ ) días. Otros indicadores zootécnicos que se estimaron fueron la tasa de descarte del hato (TD) (4,56%), considerando para este cálculo la cantidad de animales descartados el último año con respecto al inventario al momento del descarte. La relación vaca en ordeño: inventario (VO/VT) fue de 27,1% ( $\pm 13,6\%$ ).

**Cuadro 7. Índices zootécnicos estimados para las fincas estudiadas.**

INDICADOR	ÍNDICE
Tasa de natalidad	25,9% ( $\pm 6,1$ )
Mortalidad animales < 1 año	3,90% ( $\pm 11,6$ )
Peso al nacimiento (kg)	40,12 ( $\pm 6,83$ )
Peso al destete (7 meses) (kg)	124,42 ( $\pm 16,19$ )
Intervalo entre partos (IEP) (días)	424,67 ( $\pm 205,57$ )
Días abiertos	151,0 ( $\pm 88,9$ )
Edad al primer servicio	19,66
Edad al primer parto	28,6
Duración de la lactación (días)	223,75 ( $\pm 25,59$ )
Relación: vacas en ordeño: total del hato (%)	27,10 ( $\pm 13,60$ )
Descarte de vacas	4,56%
Carga animal (UA) <sup>2/</sup>	1,38 ( $\pm 0,87$ )

1UA =400kg de PV.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Indicadores de productividad

Se consideraron como indicadores de productividad de las fincas; la producción diaria de leche/vaca (PDL), la producción por lactación (PPL), la producción de leche/año (PL/año), la producción de leche/ha (PL/ha), los kilogramos de carne producidos al año (PC/año), producto de la venta de terneros destetados, vacas, novillas y toros de descarte y la venta de terneros cebados en aquellas fincas que se dedican a la ceba de los terneros, como también, la producción de kilogramos de carne/ha (PC/ha) (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Indicadores de productividad.**

INDICADOR	ÍNDICE
Producción día/ vaca (L)	5,52 ( $\pm 2,34$ )
Productividad/lactancia (L)	1244,78 ( $\pm 553,11$ )
Producción total de leche/año (L)	33853,75 ( $\pm 21434,60$ )
Producción de leche/ha (L)	836,61 ( $\pm 819,61$ )
Producción total de carne/año (kg)	3541,61 ( $\pm 2,761,51$ )
Producción de carne/ha (kg)	75,60 ( $\pm 60,13$ )

Los índices zootécnicos e indicadores de productividad de las fincas encuestadas fueron comparados con los resultados obtenidos por De León et al. (2018) y al ser analizados, se observa que es muy poco lo que han mejorado, sobre todo los indicadores de productividad como producción de leche/vaca/día; promedio de leche/lactación y producción de leche/ha que son indicadores de productividad que muestran la sostenibilidad del sistema (Cuadro 9).

Al analizar los índices e indicadores de las fincas encuestadas y comparar con lo reportado por De León et al. (2018) (Cuadro 9), se puede observar que para la zona oriental del país los indicadores son más altos que los reportados a nivel nacional para variables como superficie de la finca, inventario ganadero y vacas en ordeño, sin embargo, la proporción de vacas en ordeño: inventario, es solo de 27%, mientras que, a nivel nacional es de 50%. Por otra parte, el promedio de la duración de la lactación para la región es de 29 días más corto que a nivel nacional, sin embargo, el promedio diario/vaca es 10% mayor.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 9. Comparación de los índices zootécnicos e indicadores de productividad de las fincas estudiadas con respecto al promedio nacional de 2017.**

INDICADOR	UNIDAD	NACIONAL	REGIÓN ORIENTAL
Superficie de la finca	ha	45,43	59,95
Inventario total	Cabezas	57	71
Vacas en ordeño	Cabezas	15	16
Relación vaca en ordeño/hato total	%	50	27
Promedio/vaca/día	L	5,01	5,52
Promedio/lactación	L	1258,28	1244
Duración de la lactación	Días	252	223
Producción de leche/ha	L	952,55	836
Edad al primer servicio (EPS)	meses <sup>2/</sup>	Sin dato	19,66
Edad al primer parto (EPP)	meses <sup>2/</sup>	Sin dato	28,6
Intervalo entre partos (IEP)	días <sup>2/</sup>	Sin dato	424
Tasa de nacimientos.	%	54,2	25
Tasa de mortalidad en terneros	%	4,37	4
Peso al destete	kg	158,70	261
Producción de carne total/año	kg	Sin datos	3,541
Producción de carne/ha	kg	Sin datos	75,60
Carga animal	UA	1,27	1,38

Fuente: De León-García et al. (s/f).

### Análisis multivariado

Con el propósito de evaluar y comparar los índices zootécnicos e indicadores de productividad dentro de estratos homogéneos e identificar fortalezas y debilidades en cada estrato, se procedió a realizar un análisis multivariado que permitió distinguir las variables que inciden en el grado de heterogeneidad y homogeneidad entre las explotaciones y así generar grupos representativos de subsistemas productivos.

### Análisis de Componentes principales (ACP)

Mediante el análisis de componentes principales, se extrajeron 14 posibles factores principales, para los que se cuantificaron los autovalores respectivos y la proporción marginal de varianza explicada por cada uno de ellos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las comunalidades iniciales representan la varianza de cada variable explicada por todos los componentes principales, siendo que, antes de la extracción, el número de componentes coincide con las variables, este siempre será 1,000, mientras que la comunalidad final indica la variabilidad de cada variable que es explicada por el conjunto de componentes retenidos por el modelo (Cuadro 10). Este análisis indicó que las variables quedan bien explicadas por el modelo en más del 70,8%.

**Cuadro 10. Proporción de la varianza explicada por los factores.**

Variables consideradas	Comunalidades	
	Inicial	Extracción
Inventario	1,000	0,967
Vacas en ordeño	1,000	0,846
Producción de leche/día/vaca	1,000	0,968
Duración de la lactación	1,000	0,890
Producción leche/lactación*	1,000	0,973
Producción leche/año*	1,000	0,895
Producción leche/ha*	1,000	0,947
Costo de producción/L leche	1,000	0,869
Relación vaca en ordeño: inventario	1,000	0,902
Tasa de nacimiento	1,000	0,816
Tasa de mortalidad	1,000	0,708
kg de carne/año	1,000	0,924
kg de carne/ha	1,000	0,901
Carga animal	1,000	0,949

Los valores propios y las inercias explicadas por los componentes iniciales se observan en la primera columna del Cuadro 11 y en la segunda, los valores luego de la extracción. Para nuestro análisis solo retuvimos aquellos componentes cuyos valores propios fueron mayores a 1,000 (Carmona, 2014).

Atendiendo este criterio, se puede observar que únicamente los cinco primeros factores principales mostraron autovalores mayores que uno. Estos explicaron respectivamente el 32,120%; 21,523%; 17,509%; 11,119% y 7,420% de la varianza presente, en el conjunto original de las 14 variables observadas, para un acumulado de 89,691%. En trabajos similares, Guerra et al. (2016) con cuatro factores explicó el 71,7%



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de la varianza, mientras que De León et al. (2018), también con cinco factores, definió el 81,49% de la varianza. Por otro lado, el gráfico de sedimentación (Figura 3) justifica la elección de cinco componentes principales, el punto de inflexión-comienzo de zona de sedimentación de la curva tras los cinco componentes, para el modelo.

**Cuadro 11. Análisis de componentes principales.**

Componente Principal	Autovalores iniciales			Suma de las saturaciones al cuadrado de la extracción	
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza
1	4,497	32,120	32,120	4,497	32,120
2	3,013	21,523	53,642	3,013	21,523
3	2,451	17,509	71,151	2,451	17,509
4	1,557	11,119	82,270	1,557	11,119
5	1,039	7,420	89,691	1,039	7,420
6	0,714	5,097	94,788		
7	0,332	2,368	97,156		
8	0,179	1,279	98,434		
9	0,108	0,775	99,209		
10	0,058	0,414	99,623		
11	0,041	0,292	99,916		
12	0,008	0,055	99,971		
13	0,004	0,026	99,997		
14	0,000	0,003	100,00		

La proporción de varianza explicada por los factores adicionales (de 6 a 14) fue menor al 6,0, por lo que, según Johnson y Wichern (1998), son considerados factores triviales y de importancia limitada para efectos descriptivos.

El análisis de correlaciones permitió identificar las variables con mayor impacto en cada uno de los cinco componentes seleccionados (Cuadro 12). Es así como se puede observar que el primer factor presenta asociaciones fuertes y positivas con variables productivas como vacas en ordeño, producción de leche/lactación, producción de leche/año, lo que es reflejo de que es un factor relacionado con la productividad.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

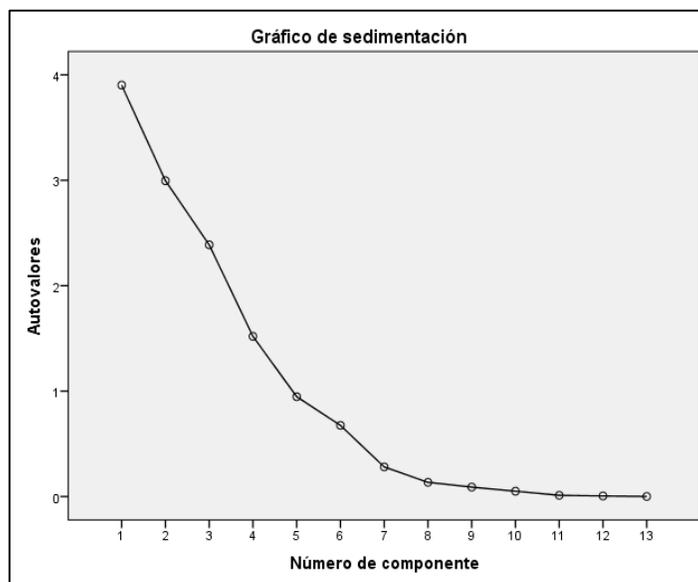


Figura 3. Gráfico de Sedimentación.

Cuadro 12. Matriz de componentes.

Variables consideradas	Componente <sup>1/</sup>				
	1	2	3	4	5
Inventario	,398	-,888	,130	-,039	,026
Vacas en ordeño	<b>,749</b>	,136	-,427	-,243	-,156
Producción de leche/día/vaca	,624	-,424	,307	<b>,540</b>	-,115
Duración de la lactación	,647	,140	-,232	-,033	,630
Producción leche/lactación*	<b>,763</b>	-,332	,183	,489	,089
Producción leche/año*	<b>,904</b>	-,006	-,228	,122	-,108
Producción leche/ha*	,399	,586	,637	,178	-,086
Costo de producción/ L leche	-,822	,116	,230	,195	,299
Relación vaca en ordeño: inventario	,395	<b>,771</b>	-,362	,074	-,123
Tasa de nacimiento	,308	,686	-,345	,207	,298
Tasa de mortalidad	-,404	-,202	-,180	,515	<b>,454</b>
kg carne/año	,441	-,475	,067	-,631	,318
kg/carne/ha	,300	,325	,680	-,409	,275
Carga animal	,191	,318	<b>,900</b>	,022	-,013

<sup>1/</sup>Componentes: 1: superficie; 2: inventario; 3: vacas en ordeño; 4: promedio diario; 5: producción/lactación.

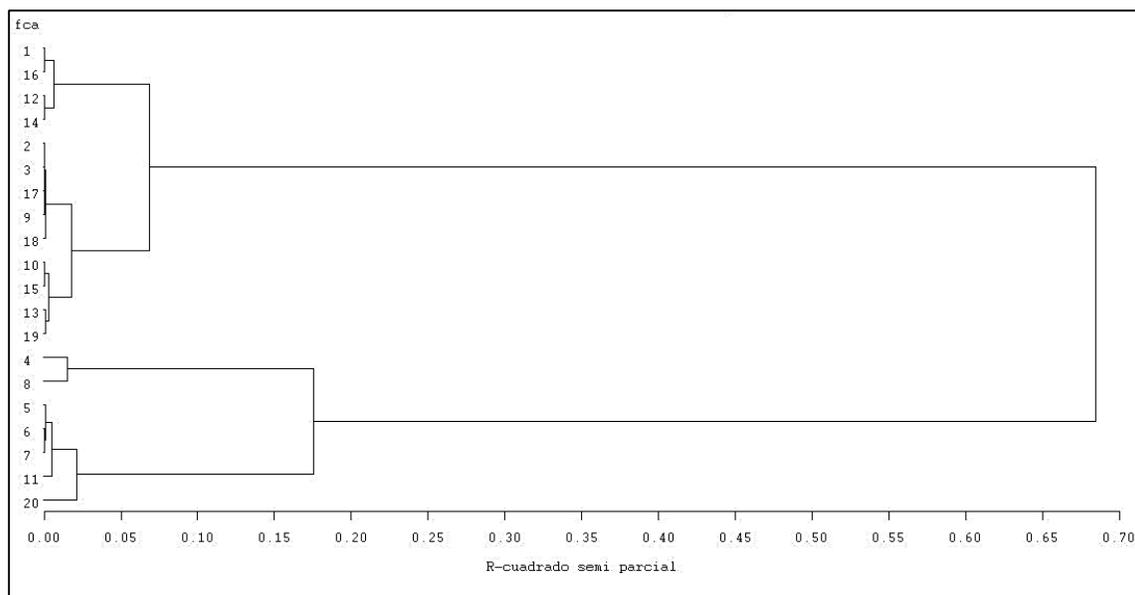
\* producción de leche no ajustada.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Análisis de Conglomerados (AC)

A través del Análisis de Conglomerados (AC), las fincas con índices zootécnicos e indicadores de productividad similares se agruparon formando grupos homogéneos, maximizando la heterogeneidad entre los mismos. Este análisis gráfico del comportamiento de los estadísticos permitió definir el número óptimo de conglomerados similares (Figura 4), con un nivel de 0,05 de probabilidad utilizando los coeficientes de determinación parcial (CDSP o Semi-Partial R<sup>2</sup>) como escala de acuerdo al método de Ward, lo que permitió obtener cinco niveles de conglomerados homogéneos en el que se agruparon las 20 explotaciones ganaderas con la siguiente conformación; Grupo #1, conformado por las fincas 1, 16, 12 y 14; Grupo #2, las fincas, 2, 3, 17, 9 y 18; el Grupo #3 las fincas 10, 15, 13, 19; el Grupo #4 lo forman las fincas 4 y 8, y finalmente el Grupo #5 estuvo compuesto por las fincas 5, 6, 7, 11 y 20.



**Figura 4. Dendrograma de agrupamiento de las fincas en estudio.**

## Análisis Discriminante (AD)

En vista que el análisis de conglomerados agrupa las fincas, estén o no en la población original (Ling & Killough, 1976) y con el propósito de comprobar la bondad de estas clasificaciones, se utilizó la técnica de Análisis Discriminante (AD), que permite describir y clasificar elementos representados por un número elevado de variables.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Este método analítico permitió encontrar la varianza e intra-varianza mínima entre las combinaciones lineales de variables, permitiendo resaltar la diferencia entre clases, facilitando su delimitación.

El Análisis Discriminante indicó que, según el Análisis de Conglomerados, 11 fincas fueron mal clasificadas, siendo reclasificadas con 1,000 de probabilidad de pertenecer al nuevo grupo, tal como se muestra en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Resultado del análisis discriminante.**

Finca	Clasificación		Probabilidad de pertenecer a un clúster				
	Del grupo	En el grupo	1	2	3	4	5
1	1	3*	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
12	1	3*	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
2	2	3*	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
3	2	1*	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18	2	1*	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	3	2*	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
13	3	4*	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
19	3	2*	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
8	4	2*	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
7	5	1*	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	5	1*	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

\*Observación mal clasificada

Utilizando técnicas de análisis multivariados (ACP, AC y AD) y considerando las 14 variables seleccionadas *a priori*, se conformaron cinco grupos de fincas con varianza e intra-varianza mínimas, las cuales se detallan en el Cuadro 14 con sus respectivos indicadores de productividad.

Teniendo en cuenta los indicadores de productividad considerados para este estudio, el Grupo #3 es el que presenta los indicadores más bajo para promedio vaca/día (3,44 L), producción de leche por lactación (721 L) y producción de leche/ha (363,75 L) y producción de leche/año (18706,25), sin embargo, es más eficiente en la producción de kg



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

carne/año (287307 kg) que el Grupo #1 que presenta mejores indicadores en cuanto a producción de leche, no así para producción de carne. De los cinco grupos conformados, el Grupo #4 a pesar de tener mejores indicadores para promedio/vaca (6,78 L), producción/lactación (1870,66 L), producción de leche/año (59312,50 L) y producción de carne/año, sus indicadores para producción de leche/ha (593,68 L) y kilogramos de carne/ha (55,82 kg) no son tan altos como los de los Grupos #2 y #5 (95,26 kg y 145,45 kg, respectivamente) debido principalmente a que son fincas con mayor superficie.

**Cuadro 14. Indicadores de productividad de las fincas estudiadas según el grupo conformado en el análisis discriminante.**

Variable	Grupo #1	Grupo #2	Grupo #3	Grupo #4	Grupo #5
Superficie (ha)	53,00 ± 5,68	60,80 ± 35,05	62,75 ± 32,68	103,50 ± 9,19	39,66 ± 24,82
Inventario	68,83 ± 56,20	65,60 ± 24,48	54,00 ± 20,26	107,05 ± 60,10	88,33 ± 33,29
Vacas en ordeño	11,83 ± 591	18,00 ± 7,84	14,50 ± 6,40	23,00 ± 14,14	21,33 ± 5,69
Promedio/día/vaca (L)	6,22 ± 3,65	5,27 ± 1,07	3,44 ± 0,71	6,78 ± 0,90	6,46 ± 1,42
Duración de la lactación (días)	215,00 ± 12,25	222,00 ± 16,46	210,00	272,50 ± 45,96	230,00 ± 34,64
Producción leche/lactación* (L)	1337,92 ± 767,13	1160,42 ± 188,23	721,87 ± 150,79	1870,66 ± 556,82	1479,06 ± 332,17
Producción leche/año* (L)	26766,67 ± 7068,06	35,405 ± 21,500	18706,25 ± 9700,01	59312,50 ± 2585,51	48666,67 ± 8429,31
Producción leche/ha* (L)	718,65 ± 579,47	844,54 ± 649,86	363,75 ± 216,40	593,68 ± 464,19	718,65 ± 579,47
Costo de producción/L leche (B./.)	0,46 ± 0,29	0,29 ± 0,10	0,55 ± 0,34	0,24 ± 0,17	0,31 ± 0,23
Relación vaca en ordeño: inventario	0,24 ± 0,14	0,32 ± 0,19	0,26 ± 0,47	0,30 ± 0,30	0,25 ± 0,04
Tasa de nacimiento	0,27 ± 0,20	0,22 ± 0,12	0,27 ± 0,07	0,36 ± 0,40	0,20 ± 0,03
Tasa de mortalidad	0,04 ± 0,06	0,00	0,12 ± 0,25	0,02 ± 0,03	0,00
kg carne/año	1702,51 ± 1167,39	4281,98 ± 2655,13	2873,07 ± 1591,20	5896,80 ± 3207,44	5307,12 ± 4833,71
kg/carne/ha	44,69 ± 36,50	95,26 ± 73,30	54,89 ± 31,81	55,82 ± 26,03	145,45 ± 57,53
Carga animal	1,32 ± 0,33	1,21 ± 0,55	0,93 ± 0,45	0,93 ± 0,45	2,65 ± 1,64

Ahora bien, de los grupos conformados, el Grupo #5 es el que mejores índices productivos presenta: es el grupo de menor superficie (39,66 ha), el que mayor carga animal tiene (2,65 UA), el segundo con mayor número de vacas en ordeño (21) el segundo con mayor promedio/vaca/día (6,46 L) el segundo con mayor producción de leche/lactación (1479,06 L), el segundo con mayor producción de leche/ha (48666,67 L) es más eficiente en la producción de leche/ha (718,65 L), ya que a pesar de producir la misma cantidad que el Grupo #1, lo hace en menor superficie de terreno. De igual manera es, junto con el Grupo



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

#4 los que más kilogramos de carne producen al año, sin embargo, el Grupo #5 produce más kilogramos de carne/ha (145,45 kg) que todos los anteriores.

### CONCLUSIONES

- Los índices zootécnicos como porcentaje de nacimientos, relación vaca en ordeño: vacas totales en el hato, tasa de nacimientos y tasa de mortalidad de las fincas intervenidas no presentan mejoras en relación a los reportados en trabajos anteriores.
- El análisis multivariado permitió agrupar las fincas en cinco grupos considerando 14 variables *a priori*.
- De los cinco grupos conformados, el grupo #5 fue uno de los que presentó mejores indicadores productivos, al lograr indicadores de producción similares a otros grupos, pero en menor superficie de terreno (producción de kg de carne/ha. y producción de leche/ha.).

### REFERENCIAS

- Avilez, J. P., Escobar, P., Von Fabeck, G., Villagran, K., García, F., Matamoros, R., & García-Martínez, A. (2010). Caracterización productiva de explotaciones lecheras empleando metodología de análisis multivariado. *Universidad de Zulia*, 20, 74-80. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592010000100011](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000100011)
- Cabrera, D. V., García, M. A., Acero, D. L. C. R., Castaldo, A., Perea, J. M., & Peinado, J. M. (2004). *Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos*. Dpto. Producción Animal Producción Animal y Gestión. Universidad de Córdoba. Documentos de Trabajo. ISSN: 1698-4226 DT 1, Vol. 1/2004.
- Carmona, F. (2014). *Un ejemplo de ACP paso a paso*. Departament d'Estadística <https://www.ub.edu/cursosR/files/ejemploACP.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Centro de Competitividad de la Región Occidental de Panamá. (2018). *Visión 2050. Región Oriental*. Estrategia para el Desarrollo Sostenible. APEDE/SENACYT. 86p.  
[https://www.cecomro.com/wp-content/uploads/2020/03/VISION-2050-REGION-ORIENTAL\\_TALLER-13-12-18-1.pdf](https://www.cecomro.com/wp-content/uploads/2020/03/VISION-2050-REGION-ORIENTAL_TALLER-13-12-18-1.pdf)

Colmenares, O., Martínez, N., Domínguez, C., Birbe, B., & Herrera, P. (2007). *Indicadores productivos y reproductivos en fincas Ganaderas en los Llanos Centrales*. Capítulo II. En: Simposio: Tecnologías Apropriadas para la Ganadería de los Llanos de Venezuela.  
[http://www.avpa.ula.ve/eventos/i\\_simposio\\_tecnologias/pdf/articulo6.pdf](http://www.avpa.ula.ve/eventos/i_simposio_tecnologias/pdf/articulo6.pdf)

De León-García, R. H., Escudero, V., Rivas, C., Martínez, A., & González, V. (s/f). *Indicadores de Productividad de los sistemas de doble propósito de las provincias de Colón, Panamá Este y Darién*.  
[https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/P%C3%B3ster\\_de\\_Indicadores\\_de\\_productividad\\_de\\_los\\_SDP\\_20231.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/P%C3%B3ster_de_Indicadores_de_productividad_de_los_SDP_20231.pdf)

De León-García, R. H., Thomas, G., & Castillo, O. (2018). Caracterización y tipificación de pequeñas fincas doble propósito de la provincia de Bocas del Toro-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (29), 13-41.  
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/51>

Guerra-Martínez, P., Cedeño, Y., & Quiel, R. (2016). Tipificación y caracterización de pequeñas y medianas fincas ganaderas del distrito de Gualaca, Chiriquí. Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (25), 22-44.  
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/91/64>

Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. (2010). *Multivariate data analysis*. 7 ed. New York, USA, Prentice Hall College Division. 768 p.  
<https://www.drnishikantjha.com/papersCollection/Multivariate%20Data%20Analysis.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Johnson, R., & Wichern, D. (1998). *Applied multivariate statistical analysis*. 4 ed. New York, USA, Prentice Hall. 799.

Ling, R. F., & Killogh, G. C. (1976). Probability tables for cluster analysis based on a theory of random graphs. *Journal of the American Statistical Association*, 71(345), 27-35.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2022). *Sector lechero panameño presenta gran oportunidad de crecimiento*. <https://mida.gob.pa/sector-lechero-panameno-presenta-gran-oportunidad-de-crecimiento/>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2002). *Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos en Panamá*. Proyecto de Planificación de Desarrollo Agrícola (PAN 74005). Dirección Nacional de Ganadería. <https://es.slideshare.net/syandrea/panama-9928748>

Miranda, E. E. (1990). *Tipificación de pequeños agricultores*. Ejemplo de la metodología aplicada a los productores de frijol de Itarare, S.P., Brasil. In: Escobar, G.; Berdegue, J. (eds.) *Tipificación de sistemas de producción agrícola* 119-140. [https://www.academia.edu/49500366/Tipificaci%C3%B3n\\_de\\_sistemas\\_de\\_producci%C3%B3n\\_agr%C3%ADcola](https://www.academia.edu/49500366/Tipificaci%C3%B3n_de_sistemas_de_producci%C3%B3n_agr%C3%ADcola)

Ortega-Soto, L., Albornoz-Gotera, A., & Segovia-López, E. (2007). Índice de productividad total de la ganadería de doble propósito del Municipio Colón, estado Zulia-Venezuela. *Revista Científica*, 17 (3), 268-274. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592007000300009](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000300009)

Urdaneta, F., Dios-Palomares, R., & Cañas, J. A. (2013). Estudio comparativo de la eficiencia de sistemas ganaderos de doble propósito en las zonas agroeconómicas de los Municipios Zulianos de la Cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica*, 23 (3), 211-219. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95926665008>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Vargas-Leitón, B., Solís, G. O., Segura, S. F. & León, H. H. (2013). Caracterización y Clasificación de Hatos Lecheros en Costa Rica mediante Análisis Multivariado. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 257-275.

<https://www.redalyc.org/pdf/437/43729228003.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## FACTORES RELACIONADOS CON EL INGRESO POR HECTÁREA DEL SISTEMA VACA-TERNERO, PANAMÁ<sup>1</sup>

**Pedro Guerra-Martínez<sup>2</sup>; Carlos I. Martínez-Delgado<sup>3</sup>; José L. Bernal-Rosas<sup>4</sup>;  
María M. De Gracia-Victoria<sup>5</sup>; Olegario Ibarra-Guerra<sup>5</sup>**

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar los factores que determinan el ingreso bruto por hectárea (Iha) en el sistema vaca-ternero. Se aplicó una encuesta estructurada a 20 pequeños ganaderos de ASOPEGA (Gualaca, Chiriquí). Las variables seleccionadas fueron: kilogramos de ternero destetado por vaca expuesta a toro (Kgvet), kilogramos de ternero vendido (Kgtrnvnd), unidad animal por hectárea (UAha), área de finca (Areafca), tasa de descarte (Tasadsc), kilogramos de ternero destetado por hectárea de pastura (Kghapast), tamaño del hato (Tamhato), cosecha de terneros (Cosecha) y número de vaca (Numvaca). La selección de las variables se basó en un análisis de correlación de Pearson. Los datos se analizaron a través del Análisis de Sendero basado en ecuaciones estructuradas. Se propusieron tres modelos hipotetizados. El modelo se seleccionó de acuerdo con criterios estadísticos preestablecidos. El tercer modelo fue seleccionado. Las mayores correlaciones fueron entre Kgtrnvnd vs. Kgvet ( $r=0,93^{***}$ ); Tamhato vs. Numvaca ( $r = 0,90^{***}$ ) y Tamhato vs. Areafca ( $r = 0,67^{***}$ ). Los efectos directos de Kgtrnvnd y UAha en Iha fueron  $0,477 \pm 0,140$  y  $0,532 \pm 0,134$ , respectivamente. El efecto directo de Kgvet en Kgtrnvnd fue  $0,928 \pm 0,024$ ; de Numvaca y Areafca en UAha fueron  $0,982 \pm 0,184$  y  $-0,988 \pm 0,183$ , respectivamente. El efecto directo de Tamhato en Numvaca fue  $0,902 \pm 0,043$ . El efecto indirecto en Iha de Kgvet a través de Kgtrnvnd fue  $0,522 \pm 0,134$  y de Numvaca y Areafca a través UAha fueron  $0,522 \pm 0,163$  y  $-0,525 \pm 0,156$ , respectivamente. El efecto indirecto de Tamhato en Iha a través de Numvaca, y UAha fue  $0,471 \pm 0,156$ . El análisis de sendero resultó una buena herramienta metodológica para la investigación y predicción en sistemas de fincas ganaderas al determinar estadísticamente los factores que inciden en el Iha.

**Palabras clave:** Análisis de sendero, correlaciones, ingreso por hectárea, regresión múltiple, sistema vaca-ternero.

<sup>1</sup>Recepción: 15 de noviembre de 2024. Aceptación: 19 de febrero de 2025. Contribución del Proyecto de Difusión y adopción de tecnologías generada en IDIAP en fincas familiares ganaderas de Chiriquí, Veraguas, Los Santos y Bocas del Toro. Dirección Nacional de Productos y Servicios Científicos y Tecnológicos (DINPROS) del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>2</sup>IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Chiriquí (CIACH). Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega" (EEG-CMO). Higerón, Gualaca. Chiriquí. M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. e-mail: [pedroguerram16@gmail.com](mailto:pedroguerram16@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6731-3624>

<sup>3</sup>IDIAP. CIACH. EEG-CMO. Higerón, Gualaca. Chiriquí. e-mail: [carlosmartinez1705@hotmail.com](mailto:carlosmartinez1705@hotmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002/3944-6558>

<sup>4</sup>IDIAP. CIACH. EEG-CMO. Higerón, Gualaca. Chiriquí. e-mail: [jbernalrosas@hotmail.com](mailto:jbernalrosas@hotmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-7646-2882>

<sup>5</sup>IDIAP. CIACH. EEG-CMO. Higerón, Gualaca. Chiriquí.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## RELATED FACTORS WITH THE INCOME PER HECTARE OF THE COW-CALF SYSTEM, PANAMA

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the factors that relate to the gross income per hectare (Iha) in the cow-calf system. It was applied a structured survey to 20 small cattlemen of ASOPEGA (Gualaca, Chiriquí). Selected variables were kilograms of weaned calf per exposed cow to bull (Kgvet), kilograms of sold calf (Kgtrnvnd), stocking rate (UAha), farm size (Areafca), discard rate (Tasadsc), kilograms of weaned calf per pasture hectare (kghapast), herd size (Tamhato), calf crop (Cosecha), and number of cows (Numvaca). Selection of variables were based on a Pearson correlation analysis. Data was analyzed by a path analysis based on structural equations. There were three proposed hypothesized models. Model was selected according to pre-established statistical criteria. The third model was selected. Highest correlations were between Kgtrnvnd vs. Kgvet ( $r = 0,93^{***}$ ); Tamhato vs. Nmvacca ( $r = 0,90^{***}$ ), and Tamhato vs. Areafca ( $r = 0,67^{***}$ ). Direct effects of Kgtrnvnd and UAha on Iha were  $0,477 \pm 0,140$  and  $0,532 \pm 0,134$ , respectively. Direct effect of Kgvet on Kgtrnvnd was  $0,928 \pm 0,024$ ; Numvacca and Areafca on UAha were  $0,982 \pm 0,184$  and  $-0,988 \pm 0,183$ , respectively. Direct effect of Tamhato on Numvacca was  $0,902 \pm 0,043$ . Indirect effect of Tamhato on Iha through Numvacca and UAha was  $0,471 \pm 0,156$ . Path analysis resulted in a good methodological tool for research and prediction of cow farm systems to determinate statistically factors that influence on the Iha.

**Keywords:** Correlations, cow-calf system, income per hectare, multiple regression, path analysis.

### INTRODUCCIÓN

El éxito del sistema vaca-ternero depende de la genética del hato, el manejo, recursos logísticos y el medio ambiente. En la genética se incluye la composición racial del hato, el manejo incluye el sistema de alimentación, plan sanitario, plan reproductivo, administración de los recursos y toma de decisión. Los recursos logísticos incluyen la mano de obra, capital disponible y tierra. Por otra parte, el medio ambiente se refiere a las condiciones climáticas donde interactúa el bovino, influenciadas por la precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, temperatura ambiental y radiación solar.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En un ambiente climatológico favorable, con una buena base genética del hato y un eficiente manejo de los recursos y acertadas decisiones se puede obtener un producto en cantidad y de alta calidad que incidirá en el ingreso de la finca. Por lo tanto, la eficiencia bioeconómica de un sistema o subsistema de producción depende de la cantidad y calidad del producto producido y su valoración económica dada por la demanda (interna y externa) por unidad de área de la finca.

La ejecución del Estudio del Mejoramiento de los Sistemas Doble Propósito de Panamá (1980-1990) auspiciado por el Centro Internacional de Investigación y Desarrollo (CIID) de Canadá y el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) ha sido la única experiencia exitosa en Panamá de la investigación-innovación en colaboración de pequeños y medianos ganaderos de Chiriquí (Gualaca y Bugaba), Veraguas (Soná<sup>6</sup>) y Los Santos (Los Santos) bajo el enfoque de sistema (IDIAP-CIID, 1991).

A través del estudio del Sistema Doble Propósito en su fase Tradicional<sup>7</sup> (EST) y posteriormente en su fase Mejorada<sup>8</sup> (ESM) se logró medir el impacto de las tecnologías IDIAP que fueron introducidas en esta última fase de estudio. Al comparar ambas fases, se observó que las características productivas, reproductivas, de salud y económicas fueron mejoradas significativamente. Las características que más llamaron la atención fueron: el Margen Bruto promedio, resultando B/. 173,80/ha y de B/. 258,10/ha en el EST y el Ingreso Neto en Efectivo con B/. 145,00/ha en el EST y de B/. 161,70/ha en el ESM (IDIAP-CIID, 1991).

---

<sup>6</sup>Esta área fue eliminada posteriormente porque la empresa Nestlé cerró su planta de acopio y a los ganaderos se les hacía costoso llevar la leche hasta la planta de Natá (Coclé).

<sup>7</sup>Fase de investigación en donde se estudió el sistema de producción tal como lo manejaba el productor. IDIAP no intervino en la toma de decisiones del ganadero.

<sup>8</sup>Fase de investigación en donde se estudió el sistema de producción con la introducción de las mejoras tecnológicas (pasto mejorado para vacas en producción y terneros no destetados, suplementación mineral, plan sanitario y suplementación energética-proteica de verano).



El análisis de sendero (AS) (Path Analysis) es una herramienta matemática la cual es utilizada para examinar la relación causa-efecto entre variables independientes y dependientes (Tyasi et al., 2018). Se ha utilizado en diferentes ciencias como: sociales (Chaitanya et al., 2024), agricultura (Bondari, 1990), genéticas (Wright, 1932), desarrollo corporal del bovino Criollo Ngumi (Tyasi et al., 2020), de ovinos Dorper (Molabe and Tyasi, 2021), ovinos y caprinos (Okkyla et al., 2014; Temoso et al., 2017), producción de leche bovina (Sherman et al., 2020), educacionales (Lleras, 2005) y economía agrícola (Xiao et al., 2015), entre otras. Este es un método que permite evaluar el ajuste de modelos teóricos en los que se proponen un conjunto de relaciones de dependencia entre variables (Pérez et al., 2013). Batista-Foguet y Coendres-Gallart (2000) indican que este método no prueba la casualidad, sino que solo ayuda a seleccionar o inferir entre hipótesis causales.

Se ha asumido que el Iha está relacionado por los kilogramos de terneros destetados por vaca expuesta a toro (Kgvet), kilogramos de terneros vendidos (Kgtrnvnd), la carga animal (UAha), área de la finca (Areafca), tasa de descarte (Tasadsc), kilogramos por hectárea de pasturas (Kghapast), tamaño del hato (Tamhato) y cosecha de terneros (Cosecha). Sin embargo, ningún estudio se ha realizado en relacionar estadísticamente estas variables con el Iha del sistema vaca-ternero de Panamá. Por lo tanto, el objetivo en construir un modelo con ecuaciones estructurales es encontrar uno que ajuste, suficientemente bien, los datos para servir como una útil representación de la realidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El estudio se realizó en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí (Figura 1). La zona pertenece al ecosistema Bosque Húmedo Tropical y Bosque Húmedo Pre-Montano de acuerdo con Holdridge (1979). Las localidades fueron: Paja de Sombrero y Los Ángeles.

**Fuente de datos:** Los datos provienen de una encuesta cara a cara realizada a 20 pequeños ganaderos de la Asociación de Pequeños Ganaderos de Paja de Sombrero (ASOPEGA) del distrito de Gualaca, Chiriquí en el año 2022.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 1. Distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí, Panamá.**

**Modelos hipotetizados:** Para este estudio se propusieron los siguientes modelos hipotetizados (Figura 2).

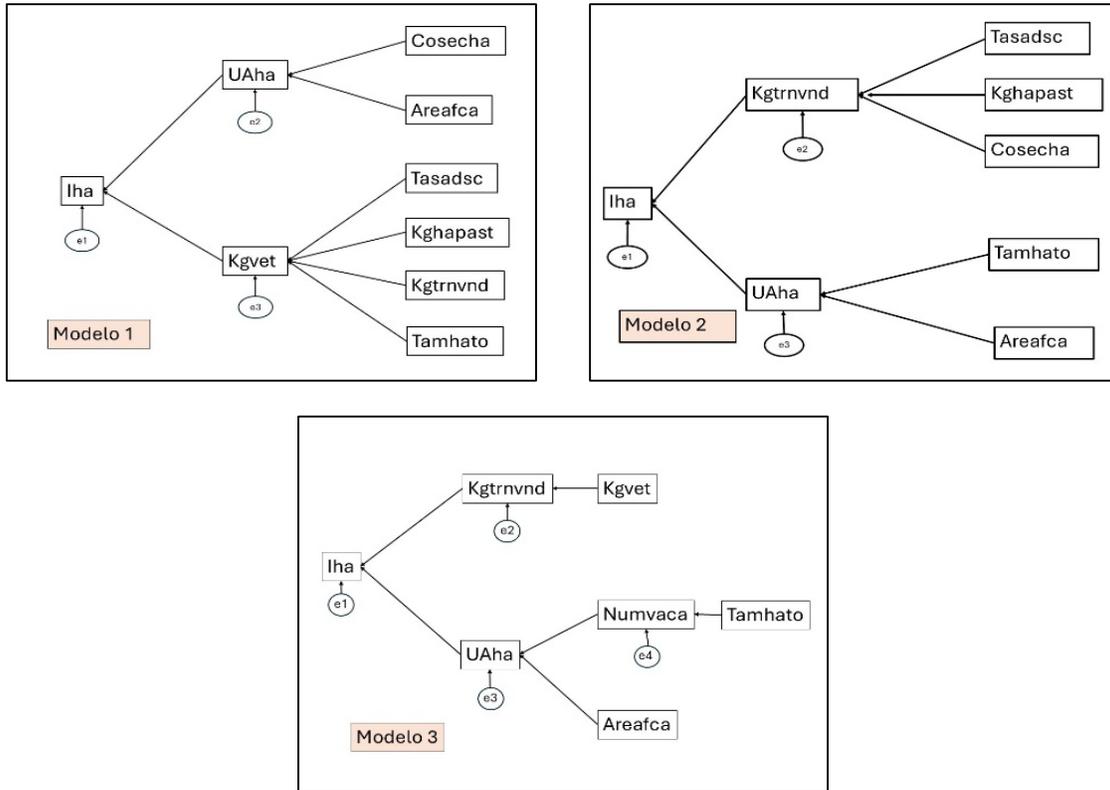
Las variables *exógenas* son aquellas cuya causa es externa al modelo y cuyo rol es explicar otras variables o productos, de acuerdo con Lleras (2005); mientras que las variables *endógenas* son aquellas que son causadas por una o más variables dentro del modelo. Las variables *intervenientes* son aquellas que causan y son causadas por otras variables dentro del modelo. Los residuales ( $e_i$ ) son llamadas las variables *latentes* y son encerradas en círculos; también son *exógenas* independientes, normalmente distribuidos con media cero y no están correlacionados con otras variables.

**Variabes en estudio:** En el Modelo 1, las variables exógenas son: Cosecha, Areafca, Tasadsc, Kghapast, Kgtrnvnd y Tamhato; las variables endógenas fueron: Iha y errores o residuales ( $e_i$ ); las variables intervenientes fueron: UAha y Kgvét. En el Modelo 2, las variables exógenas fueron: Tasadsc, Kghapast, Cosecha, Tamhato y Areafca. Las variables intervenientes fueron: Kgtrnvnd y UAha y las variables endógenas fueron Iha y el error o residual ( $e_i$ ). En el Modelo 3, las variables exógenas fueron: Kgvét, Tamhato y Areafca, las



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

variables intervinientes fueron Numvaca, UAha y Kgtrrvnd y las variables endógenas fueron: Iha y error o residual ( $e_j$ ).



**Figura 2. Diagramas de senderos para los tres modelos propuestos.**

**Análisis de datos:** La información obtenida de las encuestas fue analizada a través del Análisis de Sendero (Path Analysis) de acuerdo con Wright (1934) y Li (1975), el cual evaluará el ajuste de los modelos teóricos en los que se proponen un conjunto de relaciones de dependencia entre variables (Pérez et al., 2013). De acuerdo con Lleras (2005), los Coeficientes de Senderos ( $P_{yx_i}$ ) son coeficientes parciales de regresión estandarizados en puntaje-z utilizados para comparar relativamente la magnitud de los efectos de las diferentes variables, donde  $Y$  es la variable producto (endógena o interviniente) y  $x_i$  es la variable causal (interviniente o exógena). Para la significancia de los efectos se obtuvieron a través de la prueba de radio crítico (dividir los coeficientes no estandarizados por el error estándar) en donde valores de  $z$  superiores a 1,96 indican un



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

efecto significativo a  $P < 0,05$  (Weston and Gore, 2006). Para nuestros modelos, los coeficientes de senderos se calcularon siguiendo los procedimientos de Molabe y Tyasi (2021) y Norris et al. (2015):

$$P_{yxi} = b_i \frac{S_{xi}}{S_y}$$

Dónde:  $P_{yxi}$  = es el coeficiente de sendero de la variable endógena o interviniente ( $y$ ) en la variable causal  $X_i$ ;  $b_i$  = coeficiente parcial de regresión;  $S_{xi}$  = desviación estándar de  $X_i$ ;  $S_y$  = desviación estándar de  $y$ .

El estadístico-t de regresión múltiple es usado para probar la significancia del coeficiente de sendero. Los efectos directos son aquellos que van directamente de una variable a otra ( $P_{yxi}$ ) y los efectos indirectos son aquellos que ocurren cuando la relación entre dos variables es mediada por una o más variables. De acuerdo con Lleras (2005), la magnitud se mide al tomar el producto de los coeficientes de senderos, a lo largo del sendero, entre dos variables casualmente relacionada. Para el caso de una serie de juegos de variables exógenas ( $x_i$ ), intervinientes ( $x_j$ ) y otra exógena ( $y$ ) sería:

$$EI_{YX_i} = \sum P_{yxi} \times P_{xix_j}$$

A través de la correlación entre dos variables ( $X_i$  y  $X_j$ ) sería:

$$EI_{YX_i} = r_{X_iX_j} P_{YX_j}$$

Dónde:  $EI_{YX_i}$  = efecto indirecto de  $X_i$  vía  $X_j$  en  $Y$ ;  $r_{X_iX_j}$  = coeficiente de correlación entre las variables  $i^{th}$  y  $j^{th}$ ;  $P_{YX_j}$  = coeficiente de sendero indicando el efecto directo de la  $j^{th}$  variable.

**Ecuaciones estructurales:** De acuerdo con Lleras (2005), el método analítico de sendero sigue las asunciones usuales de la regresión ordinaria por mínimo cuadrado. Todas las relaciones mostradas en la Figura 2 son asumidas ser lineales, aditivas y causales. Por lo tanto, los modelos pueden ser especificados por una serie de senderos o ecuaciones estructurales que describen la relación directa causal entre variables. Estas ecuaciones



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

estructurales fueron analizadas por mínimos cuadrados (Draper & Smith, 1981). En este estudio el nivel de alfa escogido fue 0,10.

Las ecuaciones estructurales de cada modelo son las siguientes:

Modelo 1:

$$lha = b_1Kgv\text{et} + b_2UAha + \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$UAha = b_3Cosecha + b_4Areafca + \varepsilon_2 \quad (2)$$

$$Kgv\text{et} = b_3Areafca + b_5Tasadsc + b_6Kghapast + b_7Kgtrnvnd + b_8Tamhato + \varepsilon_3 \quad (3)$$

Modelo 2:

$$lha = b_1Kgtrnvnd + b_2UAha + \varepsilon_1 \quad (4)$$

$$Kgtrnvnd = b_3Tasadsc + b_4Kghapast + b_5Cosecha + \varepsilon_2 \quad (5)$$

$$UAha = b_6Tamhato + b_7Areafca + \varepsilon_3 \quad (6)$$

Modelo 3:

$$lha = b_1Kgtrnvnd + b_2UAha + \varepsilon_1 \quad (7)$$

$$Kgtrnvnd = b_3Kgv\text{et} + \varepsilon_2 \quad (8)$$

$$UAha = b_4Numvaca + b_5Areafca + \varepsilon_3 \quad (9)$$

$$Numvaca = b_6Tamhato + \varepsilon_4 \quad (10)$$

Con estos modelos se procede a la estimación de los valores de los parámetros especificados a partir del análisis estructural de las varianzas y covarianzas muestrales. Se utilizó el método de estimación de máxima verosimilitud de acuerdo con Pérez et al. (2013).

**Evaluación de ajuste del modelo:** Esta evaluación tiene por objeto determinar si las relaciones entre las variables del modelo reflejan adecuadamente las relaciones observadas de los datos (Weston & Gore, 2006). De acuerdo con estos autores, la evaluación del ajuste se debe dar en términos de (a) magnitud y significancia de los parámetros estimados, (b) varianza explicada por las variables, y (c) ajuste del modelo a los datos. Siguiendo a Bentler, (1995) y Byrne, (2001) se utilizaron los siguientes indicadores de ajuste del modelo: Chi-Cuadrado del modelo independiente ( $\chi^2$ ); raíz cuadrada media residual estandarizada (SRMR), índice de bondad de ajuste (GFI), GFI ajustado (AGFI), GFI de parsimonia (GFIP), raíz cuadrada media del error de aproximación



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

(RMSEA), criterio de información de Akaike o AIC (Akaike, 1987), índice de ajuste comparativo (CFI), índice de ajuste normalizado (NFI) y ajuste por parsimonia<sup>9</sup> (PNFI).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor variación (CV) se encontró en la Tasadsc, seguida de Kghapast, Kgvvet y Kgtrnvnd con 133,5%, 190,9%, 101,5% y 99,5%, respectivamente. Sin embargo, el menor CV fue el reportado en Cosecha (13,6%). Además, las correlaciones de Pearson entre las variables en estudio están detalladas en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Estadística descriptiva de las variables en estudio.**

Variable	Media	EE	CV, %
Iha	85,1	8,6	86,7
Kgvvet	12,1	2,7	101,5
Kgtrnvnd	298,8	66,5	99,5
UAha	0,96	0,13	61,9
Tasadcs	16,7	7,1	190,9
Kghapast	21,1	6,3	133,5
Cosecha	94,1	2,9	13,6
Tamhato	65,5	12,9	88,1
Areafca	67,4	13,5	89,8
Numvaca	30,6	4,5	65,4

EE = error estándar de la media; CV = coeficiente de variación.

Las más altas correlaciones fueron encontradas entre Kgtrnvnd vs Kgvvet (0,93;  $P < 0,01^{***}$ ), seguida por Numvaca vs Tamhato (0,90;  $P < 0,01$ ), Tamhato vs Areafca (0,67;  $P < 0,01$ ), UAha vs Iha (0,63;  $P < 0,01$ ). A excepción de la correlación entre Kgtrnvnd vs Kgvvet, y Numvaca vs Tamhato, el resto de las correlaciones están por debajo del límite de 0,85 que señala Pérez et al. (2013) de no presentar problemas de multicolinealidad que permita sobrestimar las varianzas de las variables correlacionadas (Cuadro 2).

<sup>9</sup>Parsimonia: principio metodológico que se basa en la idea de que la explicación más sencilla es la correcta, en igualdad de condiciones. Además, se valora el ajuste respecto al número de parámetros a utilizados.



**Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Pearson de las variables en estudio.**

	Kgtrnvnd	UAha	Kgvet	Cosecha	Numvaca	Tamhato	Areafca	Tasadsc	Kghapast
lha	0,57***	0,63***	0,57***	-0,04ns	-0,02ns	-0,25ns	-0,57***	0,45**	0,25ns
Kgtrnvnd		0,18ns	0,93***	-0,12ns	-0,17ns	-0,22ns	-0,41*	0,53***	0,57***
UAha			0,16ns	-0,42*	0,41*	0,17ns	-0,42*	0,13ns	0,11ns
Kgvet				-0,17ns	-0,30ns	-0,31ns	-0,47**	0,49**	0,57***
Cosecha					-0,05ns	-0,04ns	0,20ns	0,04ns	-0,22ns
Numvaca						0,90***	0,57***	-0,04ns	-0,16ns
Tamhato							0,67***	-0,08ns	-0,25ns
Areafca								-0,19ns	-0,36ns
Tasadsc									0,37*

\*\*\*P<0,01; \*\*P<0,05; \*P<0,10; ns = no significativo.

Los modelos de las ecuaciones estructurales analizadas por mínimos cuadrados del Modelo 1 se presentan a continuación:

Modelo 1.

$$lha = -15,827 \pm 22,171^{ns} + 2,918 \pm 0,906^{***} Kgvet + 68,770 \pm 18,765^{***} UAha \quad (1)$$

$$R^2_{aj} = 0,581; CV = 56,1\%$$

$$UAha = 2,717 \pm 0,894^{***} - 0,016 \pm 0,010 * Cosecha - 0,003 \pm 0,002 * Areafca \quad (2)$$

$$R^2_{aj} = 0,211; CV = 54,9\%$$

$$Kgvet = 2,195 \pm 2,279^{ns} - 0,003 \pm 0,042^{ns} Tasadsc + 0,025 \pm 0,049^{ns} Kghapast + 0,036 \pm 0,005^{***}$$

$$Kgtrnvnd - 0,021 \pm 0,020^{ns} Tamhato \quad (3)$$

$$R^2_{aj} = 0,841; CV = 40,5\%$$

En la ecuación (1), ambas variables independientes fueron ( $P < 0,01$ ) diferentes de cero, aunque el intercepto no fue así ( $P > 0,10$ ). Sus  $R^2_{aj}$  y CV son moderados. En la ecuación (2), el intercepto fue  $P < 0,01$ , pero las variables Cosecha y Areafca tuvieron significancia al  $P < 0,10$ ; pero, su  $R^2_{aj}$  fue relativamente bajo y CV moderado. Por otra parte, en la ecuación (3), solamente la variable dependiente Kgtrnvnd resultó  $P < 0,01$ , el resto no fue significativo ( $P > 0,10$ ). Sin embargo, la  $R^2_{aj}$  fue de las más altas (0,841), y bajo CV (40,5%).

Los coeficientes de sendero y sus errores estándares, de los cuales resultaron, altamente significativo ( $P < 0,01$ ) los senderos  $lha \leftarrow UAha$ ,  $lha \leftarrow Kgvet$  y  $Kgvet \leftarrow Kgtrnvnd$ . Con una significancia al 5% resultaron los senderos  $UAha \leftarrow Cosecha$  y  $UAha$



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

← Areafca. El resto de los senderos no fueron significativamente diferentes de cero ( $P > 0,10$ ). La variable UAha tuvo un efecto directo mayor ( $0,547 \pm 0,129$ ) sobre Iha, mientras que la diferencias en efecto directo de Cosecha y Areafca sobre UAha fueron bastante similares y significativos al 10% de probabilidad. Se resalta para la variable dependiente Kgvvet, la variable independiente Kgtrnvnd fue la que mostró mayor efecto directo ( $0,876 \pm 0,082$ ;  $P < 0,01$ ) (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Coeficientes de sendero y errores de acuerdo con las rutas del Modelo 1.**

Rutas	Estimador, <i>Pyxi</i>	± EE
Iha ← UAha	0,547***	0,129
Iha ← Kgvvet	0,480***	0,129
ε <sub>1</sub>	0,607	0,351
UAha ← Cosecha	-0,353*	0,187
UAha ← Areafca	-0,347*	0,185
ε <sub>2</sub>	0,840	0,418
Kgvvet ← Tasadsc	-0,007 <sup>ns</sup>	-0,097
Kgvvet ← Kghapast	0,057 <sup>ns</sup>	0,101
Kgvvet ← Kgtrnvnd	0,876***	0,082
Kgvey ← Tamhato	-0,101 <sup>ns</sup>	0,086
ε <sub>3</sub>	0,355	0,202

\*\*\* $P < 0,01$ ; \*\* $P < 0,05$ ; \* $P < 0,10$ ; ns=no significativo

Los efectos indirectos de Cosecha y Areafca sobre Iha a través de UAha fueron muy similares y ambos con  $P < 0,10$  (Cuadro 4). Además, con efecto  $P < 0,01$ , la variable tiene un efecto indirecto marcado sobre Iha a través de Kgvvet ( $0,421 \pm 0,120$ ). El resto de las variables no mostraron significancia alguna ( $P > 0,10$ ).

**Cuadro 4. Efectos indirectos hacia Iha a través de UAha y Kgvvet del Modelo 1.**

Variables	Efectos indirectos hacia Iha a través de UAha
Cosecha	-0,193±0,16*
Areafca	-0,200±0,1204*
	Efectos indirectos hacia Iha a través de Kgvvet
Tasadsc	-0,004±0,046 <sup>ns</sup>
Kghapast	0,028±0,049 <sup>ns</sup>
Kgtrnvnd	0,421±0,120***
Tamhato	-0,048±0,043 <sup>ns</sup>

\*\*\* $P < 0,01$ ; \*\* $P < 0,05$ ; \* $P < 0,10$ ; ns=no significativo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las ecuaciones estructurales del Modelo 2 se detallan a continuación con sus respectivos coeficientes e interceptos.

Modelo 2.

$$lha = -14,660 \pm 22,529^{ns} + 0,117 \pm 0,038^{***} Kgtrnvnd + 67,809 \pm 9,177^{***} UAha$$

$$R^2_{aj} = 0,566; CV = 57,1\% \quad (4)$$

$$Kgtrnvnd = 246,261 \pm 434,886^{ns} + 3,532 \pm 1,884^{*} Tasadsc + 4,411 \pm 2,197^{*} Kghapast - 1,057 \pm 4,483^{ns}$$

Cosecha

$$R^2_{aj} = 0,341; CV = 80,8\% \quad (5)$$

$$UAha = 1,045 \pm 0,154^{***} + 0,008 \pm 0,002^{***} Tamhato - 0,009 \pm 0,002^{***} Areafca$$

$$R^2_{aj} = 0,478; CV = 44,7\% \quad (6)$$

En el Modelo 2, tomando en cuenta la ecuación (4), en lha, las dos variables independientes, Kgtrnvnd y UAha fueron  $P < 0,01$  y diferentes de cero; sin embargo, el intercepto no resultó estadísticamente significativo. Tanto en  $R^2_{aj}$  (0,566) como el CV (57,1%) fueron moderados, quedando aun mucha variabilidad en los datos por explicar. Con respecto a la ecuación (5), en la variable dependiente Kgtrnvnd, Tasadsc y Kghapast fueron significativas a  $P < 0,10$ , pero el intercepto y la variable Cosecha no resultaron significativas ( $P > 0,05$ ). El  $R^2_{aj}$  resultó bajo (0,341), pero su CV fue alto (80,8%). En la ecuación (6), tanto el intercepto como las variables independientes Tamhato y Areafca fueron altamente significativos ( $P < 0,01$ ). Sin embargo, el  $R^2_{aj}$  (0,478) y CV (44,7%) fueron moderados. También hay mucha variabilidad en los datos por explicar.

El efecto directo de UAha sobre lha fue 15,2% mayor al de Kgtrnvnd, pero ambos fueron altamente significativos diferentes a cero ( $P < 0,01$ ) (Cuadro 5). Con respecto a Kgtrnvnd el efecto directo de Kghapast fue 9,7% mayor al efecto directo de Tasadsc y ambos fueron significativos al 10%. Por otra parte, el efecto directo de Cosecha fue mucho menor ( $P > 0,10$ ) y negativo. Para la variable independiente UAha, ambas variables independientes, Tamhato y Areafca mostraron los mayores efectos directos y altamente significativos, solo que el efecto directo de UAha  $\leftarrow$  Areafca fue negativo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Cuadro 5. Coeficientes de sendero de acuerdo con las rutas del Modelo 2.**

Rutas	Estimador, <i>Pyxi</i>	± EE
Iha ← Kgtrnvnd	0,481***	0,136
Iha ← UAha	0,554***	0,133
ε <sub>1</sub>	0,659	0,369
Kgtrnvnd ← Tasadsc	0,380*	0,174
Kgtrnvnd ← Kghapast	0,417*	0,176
Kgtrnvnd ← Cosecha	-0,046 <sup>ns</sup>	0,177
ε <sub>2</sub>	0,745	0,387
UAha ← Tamhato	0,802***	0,213
UAha ← Areafca	-0,954***	0,198
ε <sub>3</sub>	0,684	0,396

\*\*\*P<0,01; \*\*P<0,05; \*P<0,10; ns=no significativo.

Los efectos indirectos de Tasadsc y Kghapast sobre Iha a través de Kgtrnvnd fueron bajos y significativos a P<0,10, siendo el efecto de Kghapast 9,8% mayor que el de Tasadsc (Cuadro 6). Con respecto a los efectos indirectos de Tamhato y Areafca sobre Iha a través de UAha, ambos fueron moderados y altamente significativos (P<0,01). Areafca mostró un efecto indirecto negativo (-0,528±0,168).

**Cuadro 6. Efectos indirectos hacia Iha a través de Kgtrnvnd y UAha del Modelo 2.**

Variables	Efectos indirectos hacia Iha a través de Kgtrnvnd
Tasadsc	0,183±0,103*
Kghapast	0,201±0,107*
Cosecha	-0,022±0,085 <sup>ns</sup>
	Efectos indirectos hacia Iha a través de UAha
Tamhato	0,445±0,161***
Areafca	-0,528±0,168***

\*\*\*P<0,01; \*\*P<0,05; \*P<0,10; ns=no significativo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las ecuaciones estructurales que componen el Modelo 3 se detallan a continuación:

Modelo 3.

$$Iha = -14,660 \pm 22,529^{ns} + 0,117 \pm 0,038^{***} Kgtrnvnd + 67,809 \pm 19,177^{***} UAha$$

$$R^2_{aj} = 0,566; CV = 57,1\% \quad (7)$$

$$Kgtrnvnd = 27,118 \pm 36,230^{ns} + 22,518 \pm 2,134^{***} Kgvvet$$

$$R^2_{aj} = 0,853; CV = 38,1\% \quad (8)$$

$$UAha = 0,727 \pm 0,121^{***} + 0,028 \pm 0,004^{***} Numvaca - 0,009 \pm 0,001^{***} Areafca$$

$$R^2_{aj} = 0,763; CV = 30,1\% \quad (9)$$

$$Numvaca = 10,100 \pm 3,048^{***} + 0,312 \pm 0,035^{***} Tamhato$$

$$R^2_{aj} = 0,803; CV = 29,1\% \quad (10)$$

En la ecuación (7), las variables Kgtrnvnd y UAha resultaron altamente significativas ( $P < 0,01$ ) en Iha, pero no así el intercepto ( $P > 0,10$ ). Su  $R^2_{aj}$  y CV fueron moderados con 0,566 y 57,1%, respectivamente. Al tomar en cuenta la ecuación (8), la variable independiente Kgvvet fue significativamente ( $P < 0,01$ ) influyente en Kgtrnvnd, pero su intercepto no ( $P > 0,10$ ). Además, su  $R^2_{aj}$  fue alto (0,853) y su CV fue relativamente bajo (30,1%). En la ecuación (9), UAha fue influenciada significativamente ( $P < 0,01$ ) por Numvaca y Areafca; además de su intercepto. Su  $R^2_{aj}$  fue alto (0,763) y su CV fue bajo (30,1%). Finalmente, en la ecuación (10) se aprecia la altamente significativa ( $P < 0,01$ ) influencia de Tamhato sobre Numvaca y la alta significancia del intercepto. Su  $R^2_{aj}$  fue alto con 0,803 y su CV fue bajo con 29,1%.

Los efectos directos medidos a través del coeficiente de sendero del Modelo 3 se detallan en el Cuadro 7. Los efectos directos de Kgtrnvnd y UAha sobre Iha fueron moderadamente significativos ( $P < 0,01$ ) con una ligera ventaja de 11,5% de Iha  $\leftarrow$  UAha. Además, el efecto directo de Kgtrnvnd  $\leftarrow$  Kgvvet fue alto y altamente significativo ( $P < 0,01$ ). Los efectos directos de UAha  $\leftarrow$  Numvaca y UAha  $\leftarrow$  Areafca fueron altos y muy significativos ( $P < 0,01$ ), pero este último tuvo un efecto directo negativo. El efecto directo de Numvaca  $\leftarrow$  Tamhato fue alto y de alta significancia.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los efectos indirectos de Kgvet sobre lha a través de Kgtrnvnd fue moderado y altamente significativo ( $P < 0,01$ ). Similarmente, los efectos indirectos de Numvaca y Areafca sobre lha a través de UAha también fueron moderados y significativos ( $P \leq 0,01$ ), aunque el efecto indirecto de Areafca fue negativo ( $-0,525 \pm 0,156$ ). El efecto indirecto de Tamhato sobre lha a través de Numvaca también fue moderado y altamente significativo ( $P < 0,01$ ) (Cuadro 8).

**Cuadro 7. Coeficientes de sendero de acuerdo con las rutas del Modelo 3.**

Rutas	Estimador, $\beta_{xyi}$	$\pm$ EE
lha $\leftarrow$ Kgtrnvnd	0,477***	0,140
lha $\leftarrow$ UAha	0,532***	0,134
$\varepsilon_1$	0,630	0,369
Kgtrnvnd $\leftarrow$ Kgvet	0,928***	0,024
$\varepsilon_2$	0,373	0,212
UAha $\leftarrow$ Numvaca	0,982***	0,184
UAha $\leftarrow$ Areafca	-0,988***	0,183
$\varepsilon_3$	0,476	0,292
Numvaca $\leftarrow$ Tamhato	0,902***	0,043
$\varepsilon_4$	0,433	0,278

\*\*\* $P < 0,01$ ; \*\* $P < 0,05$ ; \* $P < 0,10$ ; ns=no significativo.

**Cuadro 8. Efectos indirectos hacia lha a través de Kgtrnvnd y UAha del modelo 3.**

VARIABLES	Efectos indirectos hacia lha a través de Kgtrnvnd
Kgvet	0,522 $\pm$ 0,134*** Efectos indirectos hacia lha a través de UAha
Numvaca	0,522 $\pm$ 0,163***
Areafca	-0,525 $\pm$ 0,153*** Efectos indirectos hacia lha a través de Numvaca
Tamhato	0,471 $\pm$ 0,156***

\*\*\* $P < 0,01$ ; \*\* $P < 0,05$ ;  $P < 0,10$

La evaluación de ajuste, de acuerdo con Weston & Gore (2006), tiene por objeto disminuir si las relaciones entre las variables del modelo estimado reflejan adecuadamente las relaciones observadas en los datos. Los criterios recomendados por Pérez et al. (2013) para evaluar la bondad de ajuste de los modelos que se presentan en el Cuadro 9. Se observa que el Modelo 3 presenta mayor valor de  $\chi^2$  y es altamente significativo (Cuadro



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

9). También los índices de bondad de ajuste no corregido y corregido son altos y el índice de bondad de ajuste por parsimonia está más próximo a 1,0. Por otra parte, la raíz del residuo cuadrático medio estandarizado es el más próximo a cero y la raíz cuadrada media del error de aproximación es cero. Además, el criterio de información de Akaike o AIC es el menor y los índices de ajuste normalizado y corregido por parsimonia con es próximo a  $P > 0,95$  y próximo a 1,0, respectivamente.

**Cuadro 9. Estadísticos de bondad de ajustes y criterios de referencias.**

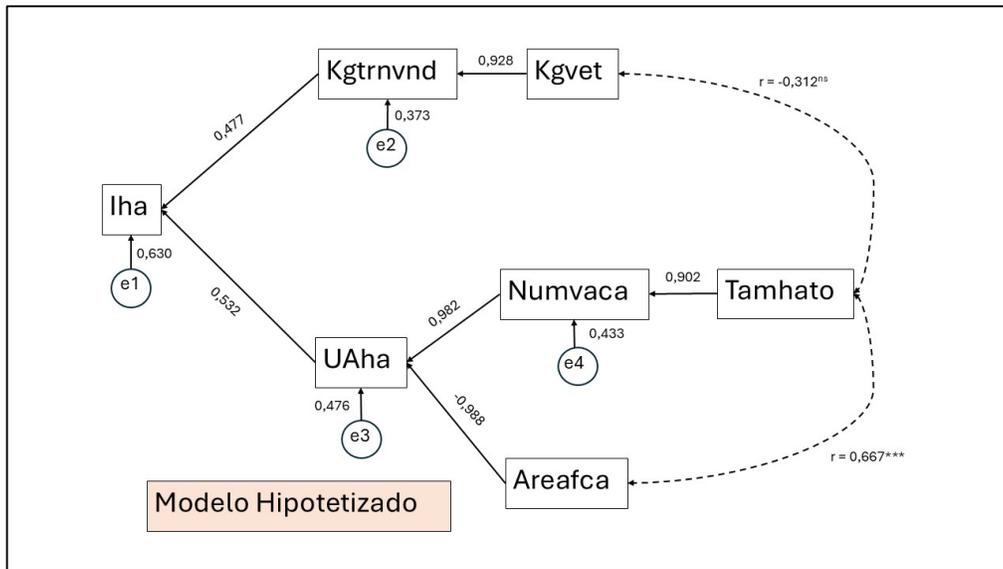
Estadísticos	Abrev.	Modelos hipotetizados			Criterios Referencia
		1	2	3	
Pr > Chi-cuadrado	$\chi^2$	119,5***	77,7***	144,0***	Sig. >0,05
Índice de bondad de ajuste	GFI	0,837	0,874	0,880	$\geq 0,95$
Índice de bondad de ajuste corregido	AGFI	0,436	0,588	0,720	$\geq 0,95$
Índice de bondad de ajuste de parsimonia	GFIP	0,302	0,344	0,503	Próx. a 1,0
Raíz del residuo cuadrático medio estandarizado	SRMR	0,082	0,087	0,065	Próximo a 0
Raíz cuadrada media del error de aproximación	RMSEA	0,195	0,124	0,000	<0,05
Criterio de información de Akaike	AIC	85,360	64,187	43,103	Menor valor
Índice de ajuste normalizado	NFI	0,482	0,535	0,865	$\geq 0,95$
Índice corregido por parsimonia	PNFI	0,294	0,321	0,527	Próx. a 1

\*\*\* $P < 0,01$

Tomando en cuenta los criterios del Cuadro 9, las significancias de las variables independientes de las ecuaciones estructurales del Modelo 3 y de los interceptos de las ecuaciones (9) y (10); así como de la significancia moderada a alta de los efectos directos de las variables intervinientes y efectos directos e indirectos de las variables exógenas, este Modelo es el que mejor se ajusta a los datos y mejor determina las variables que influyen directa e indirectamente en el Iha del sistema vaca-ternero del grupo ASOPEGA. La Figura 3 es representativa de las variables que determinan el Iha del sistema vaca-ternero de pequeños ganaderos de ASOPEGA.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 3. Modelo hipotetizado seleccionado como representativo del Iha.**

La literatura es muy escasa en este tipo de estudio, por lo que el presente trabajo es un pionero para el desarrollo de futuras investigaciones.

### CONCLUSIONES

- El presente estudio permitió determinar la relación entre el ingreso por hectárea (Iha) con características zootécnicas y de la finca ganadera del sistema vaca-ternero utilizando correlaciones de Pearson y el análisis de sendero.
- Las ecuaciones predictivas podrían servir como herramienta predictiva para los ganaderos con características similares a los de ASOPEGA.
- Mejorar la carga animal de la finca (UAha) y los kilogramos de ternero destetados vendidos (Kgtrnvnd) podría llevarnos a un aumento directo en el Iha.
- Mejorar los kilogramos de terneros destetados por vaca expuesta a toro (Kgvvet) mejoraría los Kgtrnvnd.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Mejorar Tamhato aumentaría el número de vacas (Numvaca) y esta a su vez aumentaría la UAha.
- Aumentar el área de la finca (Areafca) no mejoraría la UAha e indirectamente a lha.

### REFERENCIAS

- Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52, 317-332.  
[http://cda.psych.uiuc.edu/psychometrika\\_highly\\_cited\\_articles/akaike\\_1987.pdf](http://cda.psych.uiuc.edu/psychometrika_highly_cited_articles/akaike_1987.pdf)
- Batista-Foguete, J. M., & Coenders-Gallard, G. C. (2000). *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. La Muralla, S.A. Madrid, España.
- Bentler, P. M. (1995). *Structural equations program manual*. Multivariate Software, Inc. Encino, CA.
- Bondari, K. (April 29 through May 1, 1990). *Path analysis in agricultural research*. [Conferencia invitada]. 2<sup>nd</sup> Annual Conference on Applied Statistics in Agriculture. Kansas States University, Manhattan, Kansas.  
<https://doi.org/10.4148/2475-7772.1439>
- Byrne, B. M. (2001). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programing*. Lawrence Erlbaum. Mahwah, NJ.
- Chaitanya, G., Tevari, P., & Hanumanthappa, D. (2024). Path analysis: an overview and its application in social sciences. *International Journal of Agriculture Extension and Social Development*, 7(4), 299-303.  
<https://www.extensionjournal.com/article/view/556/7-4-54>
- Draper, N. R., & Smith, H. (1981). *Applied regression analysis*. 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley and sons. New York, NY.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Holdridge, L. R. (1979). *Ecología basada en zonas de vida*. 3<sup>rd</sup> Ed. Trd. Jiménez Saa, Humberto. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). San José, Costa Rica.  
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá y Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (1991). *Proyecto Estudio de sistemas de producción doble propósito (leche y carne) en pequeñas y medianas fincas de Panamá. Informe Final*. IDIAP-CIID. Gualaca, Chiriquí. Panamá. 145p.

Li, C. C. (1975). *Path analysis. A primer*. The Boxwood Press. Pacific Grove, CA.

Lleras, C. (2005). Path analysis. *Encyclopedia of Social Measurement*, 3, 25-30.  
<https://doi.org/10.1016/B0-12-369398-5/00483-7>

Molabe, K. M., & Tyasi, T. L. (2021). Application of biometric traits for predicting weaning weight of Dorper Shep using path analysis. *International Journal of Veterinary Science*, 10(4), 335-339.  
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20210435291>

Norris, D., Brown, D., Moela, A. k., Selolo, T. C., Mabelebele, M., Ngambi, J. W., & Tyasi, T. L. (2015). Path coefficient and path analysis of body weight and biometric traits in indigenous goats. *Indian Journal of Animal Research*, 49, 573-578.  
<https://research.biust.ac.bw/en/publications/path-coefficient-and-path-analysis-of-body-weight-and-biometrie-t>

Okkylya, S., Dwijatmiko, S., & Kurnianto, E. (2014). Path analysis of recording system innovation factors affecting adoption of goat farmers. *Journal Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 39(1), 58-64.  
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jitaa/article/view/7379>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Pérez, E., Medrano, L. A., & Sánchez-Rosas, J. (2013). El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5(1), 51-66.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/racc/article/view/5160/5325>

Sharma, R., Chaudhary, J. K., Shymsana-Singh, N., Tolengkomba, T. C., Kalita, G., Mayengbam, P., Lalramliana, A., & Hada, R. (2020). Path analysis of effective factors affecting milk yield of crossbred dairy cattle by using structural equation modeling (SEM). *International Journal of Livestock Research*, 10(10), 169-174.

<https://www.researchgate.net/publication/346051523>

Temoso, O., Coleman, M., Baker, D., Morley, P., Baleseng, L., Makgekgenene, A., & Bahta, S. (2017). Using path analysis to predict bodyweight from body measurements of goats and sheep of communal rangelands in Botswana. *Suth African Journal of Animal Science*, 47(6), 854-863.

<https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/162644>

Tyasi, T. L., Mathyne, N. D., Danguru, L. W., Rashijane, L. T., Mokoena, K., Makgowo, K. M., Mathapo, M. C., Molabe, K. M., Bopape, P. M., & Maluleke, D. (2020). Correlation and path analysis of body weight and biometric traits of Nguni cattle breed. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 7(1), 148-55.

<https://www.bibliomed.org/mnsfulltext/39/39-1575102777.pdf?1731610915>

Weston, R. W., & Gore Jr, P. A. (2006). A brief guide to structural equation modeling. *The Counseling Psychologist*, 34, 719-751.

[https://www.researchgate.net/publication/258192143\\_A\\_Brief\\_Guide\\_to\\_Structural\\_Equation\\_Modeling](https://www.researchgate.net/publication/258192143_A_Brief_Guide_to_Structural_Equation_Modeling)

Wright, S. (1934). The method of path coefficients. *The Annals of Mathematical Statistics*, 5, 161-215. [https://fitelson.org/269/Wright\\_PC.pdf](https://fitelson.org/269/Wright_PC.pdf)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Xiao, Y., Cui, Y., & Hu, L. (2015). The path analysis of farmer's income structure in Yunnan Province. *Asian Agricultural Research*, 7(2), 47-49.

<https://ageconsearch.umn.edu/record/202103/files/11.PDF>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## IDENTIFICACIÓN DE VARIANTES DEL GEN KAPPA-CASEÍNA DE INTERÉS EN LA PRODUCCIÓN LÁCTEA EN RAZAS PANAMEÑAS<sup>1</sup>

***Axel Villalobos-Cortés<sup>2</sup>; Ginnette Rodríguez-Espino<sup>3</sup>; Selma Franco-Schafer<sup>4</sup>***

### RESUMEN

El estudio caracteriza las variantes del gen de la kappa-caseína (CSN3) en las razas bovinas Guaymí y Guabalá, relevantes para la industria láctea por su influencia en la calidad de leche y producción de queso. El objetivo fue identificar variaciones genéticas en el gen CSN3 y su potencial para mejorar la producción de leche en estas razas. Se analizaron 34 muestras de ADN mediante 12 marcadores polimórficos usando la plataforma Affymetrix Array. Los resultados mostraron que cinco variantes fueron polimórficas en ambas razas, destacando diferencias alélicas entre ellas, lo que sugiere presiones selectivas diversas. Los SNP rs450402006 y rs43703015 mostraron frecuencias que coinciden con estudios previos en otras razas, indicando patrones de conservación genética y potenciales para programas de mejora genética enfocados en la producción láctea.

**Palabras clave:** Biodiversidad, calidad de la leche, caseína, razas criollas, SNP.

<sup>1</sup>Recepción: 31 de enero de 2025. Aceptación: 23 de mayo de 2025.

<sup>2</sup>IDIAP, Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA), Ciudad del Saber. Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: [villalobos.axel@gmail.com](mailto:villalobos.axel@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4223-0560>

<sup>3</sup>IDIAP, Estación Experimental El Ejido, Panamá. M.Sc. Producción Animal. e-mail: [gincarmen@yahoo.es](mailto:gincarmen@yahoo.es); ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-2620-4093>

<sup>4</sup>IDIAP, Divisa-Panamá. Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. en Epidemiología Veterinaria. e-mail: [pkfranco91@gmail.com](mailto:pkfranco91@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1526-2938>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## IDENTIFICATION OF KAPPA-CASEIN GENE VARIANTS OF INTEREST IN DAIRY PRODUCTION IN PANAMANIAN BREEDS

### ABSTRACT

This study characterizes kappa-casein (CSN3) gene variants in Guaymí and Guabalá cattle breeds, crucial for the dairy industry due to their impact on milk quality and cheese production. The goal was to identify CSN3 genetic variations and their potential to enhance milk yield in these breeds. DNA from 34 samples was analyzed through 12 polymorphic markers using the Affymetrix Array platform. The study identified five polymorphic variants in both breeds, with notable allele frequency differences, indicating distinct selective pressures in each population. SNPs rs450402006 and rs43703015 showed allele frequencies consistent with prior studies in other breeds, indicating genetic conservation patterns and potential for genetic improvement programs focused on milk production.

**Keywords:** Biodiversity, casein, creole cattle, milk quality, SNP.

### INTRODUCCIÓN

Las caseínas, que representa cerca del 80% de las proteínas totales en la leche bovina, desempeña un papel crítico en la estabilidad y calidad de los productos lácteos (Farrel et al., 2004). Dentro de este grupo, la kappa-caseína (CSN3) desempeña un papel fundamental en la estabilidad de las micelas, influyendo directamente en la producción y calidad del queso (Alexander et al., 1988; Alim et al., 2014). Las variaciones en el gen CSN3 se han relacionado con diferencias en la firmeza del cuajo y el rendimiento graso de la leche, aspectos clave para la industria láctea (Schopen et al., 2011; Fontanesi et al., 2014). En este contexto, la caracterización de las variantes de CSN3 en razas como Guaymí y Guabalá es esencial para mejorar la calidad y productividad de los productos lácteos, añadiendo valor a estas razas.

El gen CSN3, localizado en el cromosoma 6 de los bovinos, codifica la kappa-caseína, una proteína que representa aproximadamente el 10-15% de las proteínas totales en la leche (Asmarasari et al., 2021). Esta presenta una estructura notablemente diferente a las demás caseínas, siendo más pequeña, con 169 aminoácidos, y fosforilada por un único grupo fosfato, lo que provoca menos interacciones con iones calcio en comparación



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

con otras caseínas. Sin embargo, comparte con la beta-caseína la característica de tener zonas predominantemente hidrófilas e hidrófobas, claramente diferenciadas y separadas (Zambrano-Burbano et al., 2012).

Las variantes genéticas A y B del gen de CSN3 influyen de manera significativa en la producción y calidad de la leche (Amalfitano et al., 2022). La variante B está asociada con un mayor contenido proteico en la leche, lo que la hace más adecuada para la producción de queso debido a su mejor coagulación y mayor firmeza del cuajo. Esto es particularmente beneficioso en la fabricación de productos lácteos de alta calidad (Bonfatti et al., 2010). Además, la leche con la variante B también presenta una mayor calidad en términos de contenido de grasa y estabilidad de la micela de caseína, lo que mejora la capacidad de la leche para ser transformada en productos de alta calidad (Bugeac et al., 2013).

Por otro lado, se ha observado que la leche de vacas con el genotipo BB del gen de la CSN3 produce un mayor rendimiento de queso y mejora las características organolépticas del producto final, como el sabor y la textura, lo que representa una ventaja adicional para la industria láctea (Ladyka et al., 2022; Lavon et al., 2024).

El alelo B del gen de la kappa-caseína (CSN3) en el ganado bovino está relacionado con dos mutaciones puntuales localizadas en el exón IV del gen. Estas mutaciones generan cambios en los aminoácidos en las posiciones 136 y 148 de la proteína. En la posición 136, ocurre un cambio de treonina (Thr) a isoleucina (Ile) debido a la sustitución de un nucleótido (C por T). Por otro lado, en la posición 148, se da un cambio de asparagina (Asn) a alanina (Ala) como resultado de la transición de A a G (Damiani et al., 1990).

Estas variaciones genéticas en la kappa-caseína son de particular interés en la industria láctea debido a su impacto en las propiedades tecnológicas de la leche, como su capacidad de coagulación y eficiencia en la producción de queso. Los métodos de análisis como la PCR-RFLP (reacción en cadena de la polimerasa con polimorfismos de longitud de fragmentos de restricción) se utilizan comúnmente para identificar estas mutaciones. Este procedimiento, mediante el uso de enzimas de restricción como *Hinfl*, *HindIII* y *TaqI*,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

permite discriminar entre los alelos A y B en las poblaciones de ganado, facilitando así su uso en programas de selección genética dirigidos a mejorar la calidad de la leche (Rachagani & Gupta, 2008).

La selección genética dirigida a incrementar la frecuencia de la variante B del gen CSN3 en rebaños lecheros se ha convertido en una práctica común para mejorar la calidad y cantidad de la producción láctea (Mahmoudi et al., 2020). Estudios han demostrado que la implementación de programas de mejoramiento genético que favorecen la variante B puede llevar a un incremento en la eficiencia de la producción de quesos, lo que representa un valor añadido para la industria láctea (Caroli et al., 2009; Krushinin et al., 2023). Actualmente el análisis de estos marcadores ha evolucionado a plataformas de genotipado con mayor poder, por ejemplo, en un estudio reciente, se evaluó la asociación de diferentes SNP en genes candidatos, incluyendo el gen de la CSN3, con la producción de leche en ganado Holstein y Holstein x Jersey en Argentina, que podrían ser útiles en programas de selección asistida por marcadores para mejorar la producción de leche (Raschia et al., 2018).

Dada la importancia de las razas criollas como banco genético y su potencial uso en la producción ganadera, el objetivo de este trabajo fue evaluar las variantes genéticas del gen de CSN3 en razas bovinas Guaymí y Guabalá, y su impacto en la calidad y productividad de la leche, con el fin de identificar oportunidades para la mejora genética.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó el polimorfismo de 12 marcadores del gen CSN3 de 34 muestras de ganado Criollo Guabalá (15) y Guaymí (19) seleccionados de un arreglo de 10 000 marcadores SNP en una plataforma Affymetrix Axiom OrcunSNP Array, como parte del proyecto Innovative Management of Animal Genetic Resources (IMAGE) en el programa marco Horizonte 2020. Se tomaron muestras de 5 ml de sangre venosa de cada animal y se mantuvieron en frío hasta su llegada al laboratorio. Se utilizó el kit comercial DNeasy Blood and Tissue (Qiagen) para la extracción de ADN, obteniendo un promedio de 45 ng/ml en un volumen de 50  $\mu$ l por muestra. Las muestras se enviaron a Affymetrix para análisis genotípicos, cumpliendo previamente con el protocolo de Nagoya. De los 10 000 SNP



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

seleccionados 8 416 cumplieron con los criterios recomendados por la empresa con un umbral de conversión de 0,6. Todos los SNP se alinearon con el genoma de referencia UMD 3.1.1 (Elsik et al., 2016). Los resultados obtenidos en formato VCF se validaron y se transformaron a formato GDA mediante el programa PGDSpider 2.1.1.5 (Lischer et al., 2012) convirtiéndolos a formato de texto y Excel. Para verificar la posición de los SNP, se utilizó inicialmente el programa Integrative Genome Viewer, IGV v2.9.4.03 (Robinson et al., 2011) y se compararon en paralelo con el Genome Data Viewer del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI), con el mismo genoma de referencia UMD 3.1.1. Aquellos SNP que contaban con número de referencia (RefSNP), se utilizaron para ubicarlos en la posición del genoma de referencia ARS.UCD.1.2 mediante Ensembl (Howe et al., 2021) y el Archivo Europeo de variaciones, EVA (Cezard et al., 2022).

Se calcularon las frecuencias génicas y genotípicas mediante el programa GenAlEx 6.501 (Peakall & Smouse, 2012) y las variantes polimórficas se sometieron al Cattle QTLdb (Hu et al., 2022) para identificar posibles asociaciones con rasgos de utilidad económica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variantes rs450402006, rs43703015, rs43703016, rs439304887 y rs110014544 fueron polimórficas en ambas razas, mientras que el resto de las variantes estudiadas resultaron monomórficas y tres de ellas (6:87390198, 6:87390448, 6:87390604) no presentaron secuencia de referencia (Cuadro 1).

La frecuencia del alelo C en el SNP rs450402006 fue de 0,658 en la raza Guaymí, coincidiendo con datos reportados en razas Jersey y Kashmir durante la lactancia tardía (Farhadian et al., 2022). En contraste, la raza Guabalá presentó una mayor frecuencia (0,733), lo que sugiere diferencias en las presiones selectivas que han moldeado estas poblaciones. Respecto al SNP rs43703015, las frecuencias alélicas en la raza Guaymí fueron iguales para ambos alelos (0,500/0,500), lo que sugiere la ausencia de un alelo preferencial en esta población, similar a lo que se esperaría en un contexto sin presión selectiva significativa, como en efecto se observa en estas razas que no han sido sometidas a ningún tipo de programa de mejora genética. En contraste, la raza Guabalá mostró una leve predominancia del alelo C



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

(0,567). Por otro lado, el SNP rs43703016, previamente identificado como una mutación deletérea en las razas Jersey y Kashmir, presentó una mayor frecuencia del alelo A tanto en la raza Guabalá (0,571) como en la Guaymí (0,500), lo que es consistente con los hallazgos del mismo autor (Farhadian et al., 2022). La raza Guabalá muestra desviaciones notables, especialmente en el SNP rs450402006. Estos hallazgos podrían tener importantes implicaciones para la caracterización genética de las razas Guabalá y Guaymí, particularmente en lo que respecta a su relación con características fenotípicas relevantes como la producción de leche.

**Cuadro 1. Frecuencias alélicas del gen CSN3 en las razas Guaymí y Guabalá. Los SNP polimórficos se resaltan para resaltar su relevancia en la diversidad genética.**

RefSeq*	Consecuencia	Guabalá		Guaymí	
rs450402006*	variante sin sentido	0,733 (C)	0,267 (T)	0,658 (C)	0,342 (T)
rs43703015*	variante sin sentido	0,567 (C)	0,433 (T)	0,500 (C)	0,500 (T)
rs43703016*	variante sin sentido	0,571 (A)	0,429 (C)	0,500 (A)	0,500 (C)
rs439304887	variante sinónima	1,000 (A)	0,000 (G)	0,842 (A)	0,158 (G)
rs110014544	variante sinónima	0,567 (A)	0,433 (G)	0,472 (A)	0,528 (G)
6:87390198	-	1,000 (G)	0,000 (T)	1,000 (G)	0,000 (T)
6:87390448	-	1,000 (T)	0,000 (C)	1,000 (T)	0,000 (C)
rs716557965	variante sin sentido	1,000 (G)	0,000 (T)	1,000 (G)	0,000 (T)
rs43706475	variante sin sentido	1,000 (T)	0,000 (G)	1,000 (T)	0,000 (G)
6:87390604	-	1,000 (T)	0,000 (C)	1,000 (T)	0,000 (C)
rs110870535	variante sin sentido	1,000 (C)	0,000 (T)	1,000 (C)	0,000 (T)
rs43703017*	variante sin sentido	1,000 (A)	0,000 (G)	1,000 (A)	0,000 (G)

\*Secuencia de referencia

Además, se llevó a cabo una comparación adicional con los resultados obtenidos en el estudio de Younis et al. (2024). Para el SNP rs450402006, la frecuencia del alelo C en la raza Guaymí (0,658) fue idéntica a la reportada por este autor, mientras que en la raza Guabalá se registró una mayor frecuencia de este alelo (0,733), lo que refuerza la hipótesis de variaciones genéticas o presiones de selección diferenciadas en la población Guabalá. En cuanto al SNP rs43703015, las frecuencias alélicas en la raza Guaymí (0,500 C / 0,500 T) también coinciden con los autores citados, mientras que en la raza Guabalá se observó una mayor prevalencia del alelo C (0,567). De manera similar, en el SNP rs43703016, la frecuencia del alelo A en la raza Guaymí (0,500) es coherente con los datos



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de (Younis et al., 2024) aunque en la raza Guabalá se encontró una frecuencia más alta de este alelo (0,571). Un hallazgo significativo fue el SNP rs439304887, donde la raza Guabalá presentó homocigosis completa (monomorfismo) para el alelo A (1,000), en contraste con la raza Guaymí, cuya frecuencia alélica fue de 0,842 A / 0,158 G. Finalmente, para el SNP rs43703017, ambas razas, Guabalá y Guaymí, mostraron homocigosis completa para el alelo A (1,000), en consonancia con los datos del mismo autor. Se observó monomorfismo del alelo T (1,000) de rs43706475. Al comparar estos resultados con los reportados por Kovalchuk et al. (2019), se confirma una tendencia similar, donde este SNP también se muestra monomórfico en la población estudiada, con el alelo T igualmente fijado. Esta coincidencia sugiere una alta conservación genética en este locus entre diferentes poblaciones, lo cual podría indicar una presión selectiva común o una estabilidad evolutiva significativa en estos grupos.

Es fundamental realizar estudios funcionales adicionales en las razas locales para profundizar en el impacto de diversos SNP en la calidad y rendimiento de la leche. Por ejemplo, el alelo rs450402006 se ha asociado con mejoras en la calidad y productividad lechera (Farhadian et al., 2022; Younis et al., 2024). Asimismo, el alelo rs43703015 está vinculado a la calidad en la producción de quesos (Meier et al., 2019; Tiplady et al., 2021; Leweretz et al., 2024), mientras que el alelo rs43703016, que presenta un efecto deletéreo debido a la sustitución de un nucleótido (g.88532332A>C; Asp148Ala) en el exón 4, desempeña un rol clave en la elaboración de quesos duros de alta calidad (Kovalchuk et al., 2019).

Por otro lado, el alelo rs43703017 se ha relacionado con el porcentaje de proteína y caseína en la leche, así como con el tiempo de coagulación del cuajo (Meier et al., 2019; Leweretz et al., 2024; Pauciuillo et al., 2024). Igualmente, el alelo rs43706475 muestra una asociación con el rendimiento de proteína láctea y el rendimiento lechero general (Kovalchuk et al., 2019; Leweretz et al., 2024). En contraste, aún no se dispone de estudios detallados que permitan evaluar la posible utilidad de los alelos rs439304887, rs716557965 y rs110870535 en la producción láctea.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta investigación permitirá optimizar las características productivas y de calidad en la producción de leche y derivados en estas razas locales, abriendo nuevas posibilidades en el mejoramiento genético del ganado lechero y en particular para las razas localmente adaptadas.

Este estudio identificó variantes polimórficas del gen de la kappa-caseína en las razas bovinas Guaymí y Guabalá, destacando su relevancia para la calidad de la leche y la producción de queso. Estos resultados respaldan el potencial de aprovechar la diversidad genética de estas razas criollas en programas de mejoramiento genético enfocados en productos lácteos de alta calidad.

### CONCLUSIONES

- Las diferencias en las frecuencias alélicas del gen CSN3 entre las razas Guaymí y Guabalá sugieren que han estado sometidas a presiones selectivas distintas. Estas diferencias pueden ser claves para la conservación y mejora genética de estas poblaciones bovinas.
- Se identificaron cinco variantes polimórficas en ambas razas, destacando los SNP rs450402006 y rs43703015, cuyas frecuencias son consistentes con estudios en otras razas. Esto indica patrones de conservación genética y posibilidades de mejora genética en la producción láctea.
- Algunas variantes detectadas están asociadas con mayor contenido proteico y mejor coagulación de la leche, lo que puede optimizar la producción de queso y mejorar la calidad de los productos lácteos.
- La información obtenida en este estudio puede aplicarse en programas de selección enfocados en aumentar la frecuencia de alelos favorables en estas razas criollas. Esto impulsaría la producción de leche y queso de alta calidad, aumentando su competitividad en la industria láctea.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Se recomienda la realización de estudios funcionales adicionales para evaluar con mayor profundidad el impacto de estas variantes en los parámetros productivos y de calidad de la leche, con el fin de diseñar estrategias más efectivas de mejoramiento genético.

## REFERENCIAS

- Alexander, L. J., Stewart, A. F., MacKinlay, A. G., Kapelinskaya, T. V., Tkach, T. M., & Gorodetsky, S. I. (1988). Isolation and characterization of the bovine kappa-casein gene. *Eur. J. Biochem*, 178(2), 395–401.  
<https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1988.tb14463.x>
- Alim, M. A., Dong, T., Xie, Y., Wu, X. P., Zhang, Y., Zhang, S., & Sun, D. X. (2014). Effect of polymorphisms in the CSN3 ( $\kappa$ -casein) gene on milk production traits in Chinese Holstein cattle. *Mol. Biol. Rep.*, 41(11), 7585-7593.  
<https://doi.org/10.1007/s11033-014-3648-x>
- Amalfitano, N., Mota, L., Rosa, G., Cecchinato, A., & Bittante, G. (2022). Role of CSN2, CSN3, and BLG genes and the polygenic background in the cattle milk protein profile. *J. Dairy Sci.* 105, 6001-6020. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21421>
- Asmarasari, S., Sumantri, C., Gunawan, A., Taufik, E., Anggraeni, A., Hapsari, A., & Dewantoro, B. (2021). Kappa casein (CSN3) gene polymorphism and its effect on cumulative milk yields of Holstein Friesian dairy cattle. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 902 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/902/1/012047>
- Bonfatti, V., Di Martino, G., Cecchinato, A., Degano, L., & Carnier, P. (2010). Effects of beta-kappa-casein (CSN2-CSN3) haplotypes, beta-lactoglobulin (BLG) genotypes, and detailed protein composition on coagulation properties of individual milk of Simmental cows. *J. Dairy Sci.*, 93(8), 3809-3817.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2779>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Bugeac, T., Bâlțeanu, V. A., & Creangă, Ș. (2013). Kappa-Casein genetic variants and their relationships with milk production and quality in Montbéliarde dairy cows. *Bull Univ Agric Sci Vet Med Cluj-Napoca, Anim Sci Biotechnol*, 70(1), 193-194. [https://www.academia.edu/6847250/Kappa Casein Genetic Variants and their Relationships with Milk Production and Quality in Montb%C3%A9liarde Dairy Cows](https://www.academia.edu/6847250/Kappa_Casein_Genetic_Variants_and_their_Relationships_with_Milk_Production_and_Quality_in_Montb%C3%A9liarde_Dairy_Cows)
- Caroli, A. M., Chessa, S., & Erhardt, G. J. (2009). Invited review: Milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition. *J Dairy Sci*, 92(11), 5335-5352. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2461>
- Cezard, T., Cunningham, F., Hunt, S. E., Koylass, B., Kumar, N., Saunders, G., Shen, A., Silva, A. F., Tsukanov, K., Venkataraman, S., Flicek, P., Parkinson, H., & Keane, T. M. (2022). The European Variation Archive: a FAIR resource of genomic variation for all species. *Nucleic Acids Res*, 50(D1), D1216-D1220. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab960>
- Damiani, G., Ferretti, L., Rognoni, G., & Sgaramella, V. (1990). Restriction fragment length polymorphism analysis of the  $\kappa$ -casein locus in cattle. *Animal Genetics*, 21(2), 107-114. [DOI:10.1111/j.1365-2052.1990.tb03214.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1990.tb03214.x)
- Elsik, C. G., Unni, D. R., Diesh, C. M., Tayal, A., Emery, M. L., Nguyen, H. N., & Hagen, D. E. (2016). Bovine Genome Database: new tools for gleaning function from the *Bos taurus* genome. *Nucleic Acids Research*, 44(D1), D834-D839. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1077>
- Farhadian, M., Rafat, S. A., Mayack, C., & Bohlouli, M. (2022). Intra- and interspecies RNA-Seq based variants in the lactation process of ruminants. *Animals*, 12(24), 3592. <https://doi.org/10.3390/ani12243592>
- Farrell Jr., H. M., Jimenez-Flores, R., Bleck, G. T., Brown, E. M., Butler, J. E., Creamer, L. K., Hicks, C. L., Hollar, C. M., Ng-Kwai-Hang, K. F., & Swaisgood, H. E. (2004).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nomenclature of the proteins of cows' milk--sixth revision. *J. Dairy Sci.*, 87(6), 1641-1674. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73319-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73319-6)

Fontanesi, L., Calò, D. G., Galimberti, G., Negrini, R., Marino, R., Nardone, A., Ajmone-Marsan, P., & Russo, V. (2014). Candidate gene association study for nine economically important traits in Italian Holstein cattle. *Anim. Genet.*, 45(4), 576-580, <https://doi.org/10.1111/age.12164>

Howe, K. L., Achuthan, P., Allen, J., Allen, J., Alvarez-Jarreta, J., & Amode, M. R. (2021). Ensembl 2021. *Nucleic Acids Res*, 49(D1), D884-D891. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa942>

Hu, Z. L., Park, C. A., & Reecy, J. M. (2022). Bringing the Animal QTLdb and CorrDB into the future: meeting new challenges and providing updated services. *Nucleic Acids Res*, 50(D1), D956-D961. <https://doi.org/10.1093/nar/qkab1116>

Kovalchuk, S., Tagmazyan, A., & Klimov, E. (2019) A novel test system for genotyping rs43703016 single-nucleotide substitutions in the bovine CSN3 gene. *Annu Res Rev Biol*, 32(4). <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v32i430090>

Kruchinin, A. G., Illarionova, E. E., Galstyan, A. G., Turovskaya, S. N., Bigaeva, A. V., Bolshakova, E. I., & Strizhko, M. N. (2023). Effect of CSN3 gene polymorphism on the formation of milk gels induced by physical, chemical, and biotechnological factors. *Foods*, 12(9), 1767. <https://doi.org/10.3390/foods12091767>

Ladyka, V. I., Sklyarenko, Y. I., & Pavlenko, Y. M. (2022). Formation of economically useful traits in cows of Ukrainian brown dairy breed of different genotypes by kappa-casein. *Animal Breeding and Genetics*, 63, 161-168. <https://doi.org/10.31073/abg.63.15>

Lavon, Y., Weller, J. I., Zeron, Y., & Ezra, E. (2024). Estimating the effect of the kappa casein genotype on milk coagulation properties in Israeli Holstein cows. *Animals*, 14(1), 54. <https://doi.org/10.3390/ani14010054>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Lewerentz, F., Vanhala, T. K., Johansen, L. B., Paulsson, M., Glantz, M., & de Koning, D. J. (2024). Re-sequencing of the casein genes in Swedish Red cattle giving milk with diverse protein profiles and extreme rennet coagulation properties. *JDS Commun*, 5(4), 299-304. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0412>
- Lischer, H. E. L., & Excoffier, L. (2012). PGDSpider: An automated data conversion tool for connecting population genetics and genomics programs. *Bioinformatics*, 28(2), 298-299. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr642>
- Mahmoudi, P., Rostamzadeh, J., Rashidi, A., Zergani, E., & Razmkabir, M. (2020). A meta-analysis on association between CSN3 gene variants and milk yield and composition in cattle. *Anim. Genet.*, 51(3), 369-381. <https://doi.org/10.1111/age.12922>
- Meier, S., Korcuć, P., Arends, D., & Brockmann, G. A. (2019). DNA sequence variants and protein haplotypes of casein genes in German Black Pied Cattle (DSN). *Front. Genet.*, 10, 1129. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01129>
- Pauciullo, A., Gaspa, G., Zhang, Y., Liu, Q., & Cosenza, G. (2024). CSN1S1, CSN3 and LPL: Three validated gene polymorphisms useful for more sustainable dairy production in the Mediterranean River Buffalo. *Animals*, 14(10), 1414. <https://doi.org/10.3390/ani14101414>
- Peakall, R., & Smouse, P. E. (2012). GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics*, 28(19), 2537–2539. <http://bioinformatics.oxfordjournals.org/content/28/19/2537>
- Rachagani, S., & Gupta, I. D. (2008). Bovine kappa-casein gene polymorphism and its association with milk production traits. *Genet. Mol. Biol.*, 31 (4), 893-897. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572008005000001>
- Raschia, M. A., Nani, J. P., Maizon, D. O., Beribe, M. J., Amadio, A. F., & Poli, M. A. (2018). Single nucleotide polymorphisms in candidate genes associated with milk yield in



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Argentinean Holstein and Holstein x Jersey cows. *J Anim Sci Technol*, 60(31).  
<https://doi.org/10.1186/s40781-018-0189-1>

Robinson, J., Thorvaldsdóttir, H., Winckler, W., Guttman, M., Lander, E., Getz, G., & Mesirov, J. P. (2011). Integrative Genomics Viewer. *Nat Biotechnol*, 29, 24-26.  
<https://doi.org/10.1038/nbt.1754>

Schopen, G. C., Visker, M. H., Koks, P. D., Mullaart, E., van Arendonk, J. A., & Bovenhuis, H. (2011). Whole-genome association study for milk protein composition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 94(6), 3148-3158. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4030>

Tiplady K. M., Lopdell, T. J., Reynolds, E., Sherlock, R. G., Keehan, M., Johnson, T. JJ., Pryce, J. E., Davis, S. R., Spelman, R. J., Harris, B. L., Garrick, D. J., & Littlejohn, M. D. (2021). Sequence-based genome-wide association study of individual milk mid-infrared wavenumbers in mixed-breed dairy cattle. *Genet Sel Evol*, 53, 62.  
<https://doi.org/10.1186/s12711-021-00648-9>

Younis, A., Hussain, I., Ahmad, S. N., Shah, A., Inayat, I., Kanwal, M. A., Suleman S, Kamran, M. A., Matloob, S., & Ahmad, K. R. (2024). Validation of *Bos taurus* SNPs for milk productivity of Sahiwal breed (*Bos indicus*), Pakistan. *Animals*, 14(9), 1306.  
<https://doi.org/10.3390/ani14091306>

Zambrano-Burbano, G. L., Eraso-Cabrera, Y. M., Solarte-Portilla, C. E., & Rosero-Galindo, C. Y. (2012). Relationship between kappa casein genes (CSN3) and industrial yield in Holstein cows in Nariño-Colombia. InTechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/47818>

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad de Wageningen, especialmente al Dr. Richard Crooijmans, por el apoyo en la recepción y análisis de muestras de ADN. Extendemos nuestro agradecimiento al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al Sistema Nacional de Investigación y la red REZGEN-IBA por su contribución en el marco del proyecto 123RT0139.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## UN ANÁLISIS CERCANO DE HAPLOTIPOS UNIPARENTALES EN LAS RAZAS GUAYMÍ Y GUABALÁ DE PANAMÁ<sup>1</sup>

*Axel Villalobos-Cortés<sup>2</sup>; Hilda Castillo<sup>3</sup>; Selma Franco-Schafer<sup>4</sup>*

### RESUMEN

El análisis del ADN mitocondrial (mtADN) se ha consolidado como una herramienta central en la investigación en genética molecular, especialmente en estudios de diversidad e historia poblacional en animales. Gracias a su alto polimorfismo y al gran número de copias por célula, permite obtener datos con rapidez, incluso a partir de material antiguo. Por otra parte, el análisis de haplogrupos del cromosoma Y ha aportado nuevas perspectivas sobre la diversidad genética bovina desde el punto de vista paterno. El objetivo de este estudio fue identificar haplotipos mitocondriales y del cromosoma Y en las razas criollas Guaymí y Guabalá de Panamá. Se analizó un fragmento de la región hipervariable D-loop del mtADN y siete marcadores del cromosoma Y. Los resultados permitieron describir la presencia de marcadores uniparentales en ambas razas. Se concluye que la ascendencia materna de las razas procede del tronco Ibérico, especialmente del sur de España, y de forma indirecta del tronco africano. La raza Guabalá muestra una firma genética paterna no observada hasta ahora en otras razas.

**Palabras clave:** Bioinformática, biotecnología, conservación, ganadería, marcadores moleculares.

---

<sup>1</sup>Recepción: 19 de marzo de 2025. Aceptación: 09 de mayo de 2025. Trabajo derivado de Segunda fase del proyecto: mtDNA & Cromosoma Y, Biobovis Consortium y Red Conbiand; Proyecto estudios genómicos de los recursos zoogenéticos y su interacción con efectos bióticos y abióticos.

<sup>2</sup>IDIAP, Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA), Ciudad del Saber. Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: [villalobos.axel@gmail.com](mailto:villalobos.axel@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4223-0560>

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica. M.Sc. Fitomejoramiento - Estudiante de Doctorado, e-mail: [hilda.castillo@utp.ac.pa](mailto:hilda.castillo@utp.ac.pa); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7663-1875>

<sup>4</sup>IDIAP, Divisa-Panamá. Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. en Epidemiología Veterinaria. e-mail: [pkfranco91@gmail.com](mailto:pkfranco91@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1526-2938>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## A CLOSER ANALYSIS OF THE UNIPARENTAL HAPLOTYPES IN THE GUAYMI AND GUABALA RACES OF PANAMA

### ABSTRACT

Mitochondrial DNA (mtDNA) analysis has established itself as a key tool in molecular genetics research, particularly in investigations of population diversity and evolutionary history in animals. Owing to its high polymorphism and the abundance of copies per cell, mtDNA enables efficient data retrieval, even from degraded or ancient samples. In parallel, the study of Y chromosome haplogroups has provided complementary insights into bovine genetic diversity from a paternal perspective. The aim of this study was to characterize mitochondrial and Y chromosome haplotypes in the Guaymí and Guabalá creole cattle breeds of Panama. A fragment of the hypervariable D-loop region of mtDNA and seven Y chromosome markers were analyzed. The findings allowed for the identification of uniparental markers in both breeds. Results indicate that the maternal lineage of these breeds traces back to the Iberian trunk, particularly southern Spain, with possible indirect influence from African lineages. Notably, the Guabalá breed exhibits a paternal genetic signature not previously reported in other cattle breeds.

**Keywords:** Bioinformatics, biotechnology, conservancy, livestock, molecular markers.

### INTRODUCCIÓN

Los bovinos criollos americanos (*Bos taurus*) procedentes de los viajes desde España y Portugal, descienden directamente del Aurochs salvaje (*Bos primigenius*), domesticado durante la revolución agrícola en el periodo neolítico (Rouse, 1977; Beja-Pereira et al., 2006). Datos arqueológicos sugieren que este proceso de domesticación fue muy complejo y de origen múltiple con introgresión de genes (por lo menos en algunas regiones) de razas locales y africanas, introducidas por vía marítima, generando una importante variabilidad genética, particularmente en las razas del sur de Europa (Beja-Pereira et al., 2006).

Se ha evidenciado el legado genético del ganado ibérico al igual que otras influencias como africana a la composición genética de los bovinos criollos en el continente



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

americano. Ya sea de manera directa a través de las razas portuguesas y españolas, o por influencia indirecta de razas como la Gabú y Bafata de Guinea-Bissau la Muturú de Nigeria y las razas egipcias Baladi y Menoufis, con lo cual ofrece un mejor marco de referencia y un mejor entendimiento de las migraciones e introgresión de genes hacia el nuevo mundo (Ginja et al., 2019).

El análisis del ADN mitocondrial (mtADN) es una técnica que se ha instaurado como eje central de la investigación en genética molecular, particularmente de la diversidad e historia de poblaciones de animales (Groeneveld et al., 2010). Los Haplotipos mitocondriales como el T1, T1a, T2 y T3 han sido reportados en ganado criollo como el Criollo de Chihuahua, Pampa Chaqueño y Texas Longhorn, siendo el T1a asociado a las razas africanas (Ginja et al., 2009; Lenstra et al., 2014; Ginja et al., 2019). Debido a su alto polimorfismo, los datos se pueden obtener rápidamente, además, el alto número de copias incrementa la probabilidad de recobrar ADN de material antiguo.

La interpretación de los datos de mtADN se ve facilitado por la transmisión materna y sin los efectos de la recombinación, creando un agrupamiento jerárquico directo (Lenstra et al., 2012). Por otro lado, el análisis de haplogrupos del cromosoma Y, ha permitido revelar otras perspectivas sobre la diversidad genética, de las razas bovinas en el mundo desde el punto de vista paterno (Li et al., 2007; Ginja et al., 2009; Edwards et al., 2011). El cromosoma Y es indicador sensitivo de eventos poblacionales de reciente data, como cuellos de botella, efectos fundacionales y dispersión de la población (Edwards et al., 2011).

El estudio de polimorfismos en el fragmento no recombinante del cromosoma Y representa una vía sencilla y expedita de revelar y ponderar la mezcla entre razas y detectar migraciones mediadas por el macho, repasar la historia paterna y rastrear líneas o familias de fundadores individuales (Casanova et al., 1985; Malaspina et al., 1990). En resumen, mientras que las diversas variantes del mtADN se mantienen dentro del ható, las del cromosoma Y dan información sobre el origen de los machos sobre la base de introgresión de genes y el mejoramiento genético (MacHugh et al., 1997; Bradley et al.,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1998). El objetivo de este trabajo fue reportar algunos haplotipos mitocondriales y cromosoma Y en razas criollas Guaymí y Guabalá en Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de pelo del área de la cola de 47 ejemplares criollos, 24 de la raza Guabalá (GUA) y 23 de la raza Guaymí (GUY), procurando seleccionar dentro de lo posible, animales no emparentados. El ADN genómico fue aislado siguiendo procedimientos de extracción laboratoriales de rutina. Para el estudio del ADN mitocondrial (mtADN), se analizó el fragmento de la región D-loop hipervariable (secuencia de referencia con número de acceso al NCBI V00654, entre las bases 8-169 y 16,050-16,302) según Ginja et al. (2019). Las condiciones de amplificación y secuenciación se realizaron como se describe en Ginja et al. (2010). Los productos se separaron en un analizador de ADN capilar y las secuencias se analizaron mediante una aplicación bioinformática.

El análisis del haplotipo del cromosoma Y se realizó utilizando una combinación de siete marcadores específicos, un polimorfismo de inserción/delección, indel (ZFY10), un marcador de nucleótido simple, SNP (UTY19) y cinco microsátélites, STR (DDX3Y1, BM861, INRA189, UMN0103 y UMN0307). Las condiciones de genotipado fueron las descritas por Ginja et al. (2009) y Pelayo et al. (2017). Se estimaron los parámetros de diversidad genética para ambas razas utilizando ADN mitocondrial y cromosoma Y. Se identificaron los haplotipos, se determinó la frecuencia de cada uno y se calculó la diversidad haplotípica (H). El número total de haplotipos de mtADN y la diversidad de haplotipos de mtADN se estimaron para una región D-loop de 700 pb con GENALEX v6.053.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El haplotipo identificado en ambas razas fue el T3. La media general de diversidad medida como diversidad de haplotipos (H) y el número total de haplotipos de las razas Guaymí y Guabalá, estimada mediante la región D-Loop fue 0,714 con un total de 11 haplotipos. Este valor fue mayor en el ganado Guaymí (H = 0,808; No. Haplotipos = 8), y menor en la raza Guabalá (H = 0,620; No. Haplotipos = 3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los valores de diversidad H y el número de haplotipos observados en la raza Guaymí (Cuadro 1) son mayores que los observados por Ginja et al. (2019) en algunas razas criollas de América como la Caracú brasileña y Limonero de Venezuela y algunas razas africanas como la Ankole-Watusi. En razas de la India como Hariana y Gaolao también fueron reportadas con menores valores de diversidad y número de haplotipos (Sharma et al., 2015).

**Cuadro 1. Diversidad del haplotipo T3 de mtADN en las razas Guaymí y Guabalá.**

Raza	T3	Total de Haplotipos	Diversidad de Haplotipos (H)
Guabalá	10	3	0,620
Guaymí	15	8	0,808

Por otro lado, se reportan mayores valores de diversidad en razas como la Blanco Orejinegro de Colombia, la Texas Longhorn de Estados Unidos, y las Gabú y Bafata de Guinea-Bissau (Ginja et al., 2019). En el caso de la raza Guabalá, los valores de H son mayores a los observados en el Criollo Patagónico argentino y menores a los del Senepol (Ginja et al., 2019). De los haplogrupos presentes en las razas de bovinos reportadas por Di Lorenzo et al. (2016) 100% fue T3, tanto en la raza Guaymí como en la Guabalá, haplogrupo considerado como una firma genética ancestral de las razas ibéricas en el ganado criollo americano (Ginja et al., 2010).

Se han observado menores proporciones de este haplogrupo en otras poblaciones de ganado criollo, tales como el Criollo Argentino, Criollo de Chiapas, Pampa Chaqueño, Caracú, Baja California, que oscilan entre 50% y 95% (Ginja et al., 2010; Lenstra et al., 2014). Sin detectar el haplogrupo T1 en las razas Guaymí y Guabalá, relacionado a eventos de domesticación de las razas africanas y que también se ha atribuido su influencia en la formación de razas ibéricas (Bonfiglio et al., 2012); el haplogrupo T1 si se ha observado en otras razas criollas de América como Pampa chaqueño, Criollo de Baja California, Texas Longhorn entre otras (Ginja et al., 2010; Lenstra et al., 2014; Di Lorenzo et al., 2016). Aunque no se observó este haplogrupo en las razas panameñas, se manifiesta la influencia de las razas africanas de manera indirecta por la ascendencia ibérica, como la reportada

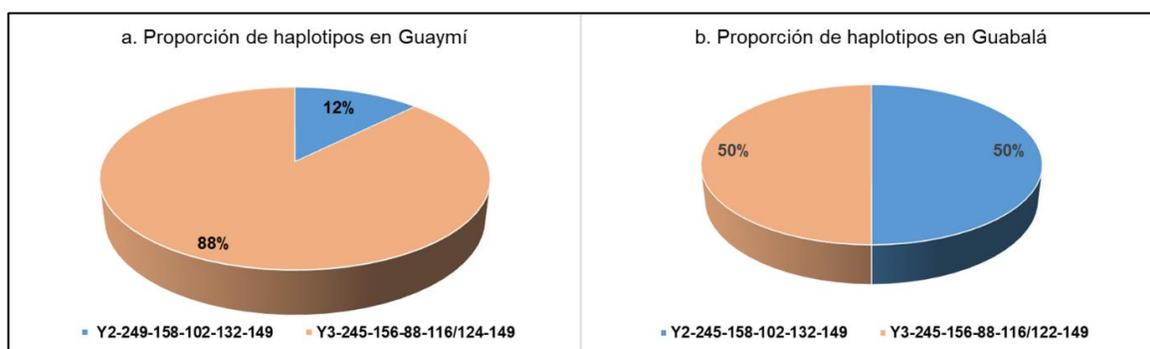


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

por Ginja et al. (2019), donde muestra esta relación, mediante el análisis de correspondencias con microsátelites por parte de las razas africanas, Gabú, Bafatá, Baladí, Muturú y Menoufis con las razas panameñas, particularmente en la Guabalá.

En cuanto a la diversidad haplotípica paterna, la media general fue de ( $H = 0,359$ ; No. Haplotipos = 4). La raza Guabalá presentó los mayores valores de diversidad ( $H = 0,500$ ; No. Haplotipos = 2), siendo estos menores a los reportados en razas como Criollo Yacumeño de Bolivia, Blanco Orejinegro de Colombia y Criollo Ecuatoriano, pero mayores que el Criollo Santandereano de Colombia y Criollo Caracú Brasileño. Los valores de diversidad de criollo Guaymí fueron ( $H = 0,219$ ; No. Haplotipos = 2), siendo mayor a los reportados en raza sintética Senepol, pero menor a la mayoría de las razas criollas estudiadas en América (Ginja et al., 2010; Ginja et al., 2019). Los niveles bajos de diversidad genética en el cromosoma Y se deben probablemente a los esquemas de reproducción en la que se han seleccionado y utilizado pocos machos con la producción de una gran cantidad de descendencia (Hellborg & Ellegren, 2004; Di Lorenzo et al., 2016).

La proporción haplotípica del cromosoma Y en las razas Guaymí y Guabalá se muestran en la Figura 1. Sin identificar el haplotipo Y1, que es predominante en las razas del norte de Europa y del norte de España; este tiene una baja frecuencia en los toros del sudoeste asiático y es portado por descendientes machos de importaciones europeas (Edwards et al., 2011).



**Figura 1. Proporciones de haplotipos de cromosoma Y, en las razas Guaymí y Guabalá.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En la raza Guaymí, el haplotipo H3Y3 (Y3-245-156-88-116/124-149) fue el más frecuente, con un 88% de los individuos, mientras que el H23Y2 (Y2-249-158-102-132-149) tuvo una menor representación. En la raza Guabalá, ambos haplotipos, H13Y2 y H2Y3, se encontraron en igual proporción. Una particularidad que resalta en siete toros Guabalá dentro del estudio es que provienen de un linaje (Y2-245-158-102-132-149) que no se observa en ninguna otra raza hasta el momento (Ginja et al., 2019). El haplogrupo Y2 es común en Europa Central y del Sur, con una zona de transición bien definida en Europa Central (Edwards et al., 2011; Lancioni et al., 2016). El haplogrupo Y3 se ha identificado en algunas razas de Etiopía, China y América del Sur (Di Lorenzo et al., 2016) y también en razas africanas, India y el sureste asiático (Edwards et al., 2011; Ginja et al., 2019; Ganguly et al., 2020).

Es evidente que el haplotipo Y2 presente en los criollos panameños tengan un aporte relevante de las razas Ibéricas desde su llegada al istmo centroamericano a principios del siglo XVI (Archivo General de Indias, 1521). En cuanto al haplogrupo Y3, es muy probable que los toros criollos Guaymí y Guabalá tengan el aporte de las razas africanas por vía indirecta de las razas europeas (Edwards et al., 2011; Lancioni et al., 2016; Ginja et al., 2019).

Es poco probable que las poblaciones criollas panameñas hayan tenido influencia directa de razas cebuinas, como así lo señalan estudios realizados por diversos autores donde se evaluó la proporción de mezcla y distancias genéticas entre razas con marcadores microsatélites (Villalobos et al., 2010; Delgado et al., 2011; Martínez et al., 2012); sin embargo, Ganguly et al. (2020) reportan el haplotipo H3Y3 en 20 ejemplares de la raza Khillar en las regiones de Mahastra y Karnataka de la India, presente en la raza Guaymí y el H2Y3 reportado en 5 ejemplares de la raza Dangi en las regiones de Guyarat y Mahastra de la India, presente en la raza Guabalá (Ginja et al., 2019; Gangouly et al., 2020). La raza Khillar es una de las poblaciones más diversificadas de la India, esta tiende a ser una raza tradicional que lleva linajes de cromosoma Y distintos con el alelo típico de BM861 de 158 pb, características del ganado taurino. Por otro lado, la Dangi, que se origina en una región cercana a la Khillar presenta este mismo alelo y que al estar presente en *Bos taurus* como señala Ganguly et al. (2020), podría ser un caso de homoplasia (Estoup



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

et al., 2002). Ambas razas, nativas de la India, se encuentran en las proximidades de los centros de domesticación del *Bos indicus*, que luego por las migraciones de pastores hacia el este de Asia, el suroeste de Asia, Europa y los países africanos entre 4000 y 1300 años antes del presente, los llevó a una mezcla entre las poblaciones de cebú y taurinas (Magee et al., 2014).

## CONCLUSIONES

- Mediante la colaboración internacional, con el uso de marcadores uniparentales, para la detección de haplotipos ancestrales en poblaciones de ganado bovino panameño. Se establece que la ascendencia materna de ambas razas proviene del tronco Ibérico, particularmente del sur de España y probablemente de forma indirecta del tronco africano.
- La raza Guabalá posee una firma genética paterna que no ha sido observada en otras razas hasta el momento. Las razas criollas de ganado bovino deben ser estudiadas y caracterizadas con mayor profundidad a nivel de genoma y promover su integración en programas de conservación y mejoramiento genético.

## REFERENCIAS

Archivo General De Indias. (1521). Envío de ganados de Jamaica a Panamá.

[http://pares.mcu.es/ParesBusquedas/servlets/Control\\_servlet?accion=3&txt\\_id\\_de\\_sc\\_ud=376072&fromagenda=N](http://pares.mcu.es/ParesBusquedas/servlets/Control_servlet?accion=3&txt_id_de_sc_ud=376072&fromagenda=N)

Beja-Pereira, A., Caramelli, D., Lalueza-Fox, C., Vernesi, C., Ferrand, N., Casoli, A., Goyache, F., Royo, L. J., Conti, S., Lari, M., Martini, A., Ouragh, L., Magid, A., Atash, A., Zsolnai, A., Boscato, P., Triantaphylidis, C., Ploumi, K., Sineo, L., Mallegni, F., Taberlet, P., Erhardts, G., Sampietrot, L., Bertranpetit, B., Barbujani, G., Luikar, G., & Bertorelle, G. (2006). The origin of European cattle: evidence from modern and ancient DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 103(21), 8113–8118. <https://doi.org/10.1073/pnas.0509210103>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Bonfiglio, S., Ginja, C., De Gaetano, A., Achilli, A., Olivieri, A., Colli, L., Tesfaye, K., Agha, S. H., Gama, L. T., Cattonaro, F., Penedo, M. C., Ajmone-Marsan, P., Torroni, A., & Ferretti, L. (2012). Origin and spread of *Bos taurus*: new clues from mitochondrial genomes belonging to haplogroup T1. *PloS One*, 7(6), e38601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038601>

Bradley, D. G., Loftus, R. T., Cunningham, P., & Machugh, D. E. (1998). Genetics and domestic cattle origins. *Evolutionary Anthropology*, 6(3), 79-86. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505\(1998\)6:3%3C79::AID-EVAN2%3E3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1998)6:3%3C79::AID-EVAN2%3E3.0.CO;2-R)

Casanova, M., Leroy, P., Boucekkine, C., Weissenbach, J., Bishop, C., Fellous, M., Purrello, M., Fiori, G., & Siniscalco, M. (1985). A human Y-linked DNA polymorphism and its potential for estimating genetic and evolutionary distance. *Science*, 230, 1403-1406. <http://dx.doi.org/10.1126/science.2999986>

Delgado, J. V., Martínez, A. M., Acosta, A., Álvarez, L. A., Armstrong, E., Camacho, E., Canon, J., Cortes, O., Dunner, S., Landi, V., Marques, J. R., Martín-Burriel, I., Martínez, O. R., Martínez, R. D., Melucci, L., Muñoz, J. E., Penedo, M. C., Postiglioni, A., Quiróz, J., Rodellar, C., Sponenberg, P., Uffo, O., Ulloa-Arvizu, R., Vega-Pla, J. L., Villalobos, A., Zambrano, D., Zaragoza, P., Gama, L. T., & Ginja, C. (2011). Genetic characterization of Latin-American Creole cattle using microsatellite markers. *Animal Genetics*, 43, 2-10. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02207.x>

Di Lorenzo, P., Lancioni, H., Ceccobelli, S., Curcio, L., Panella, F., & Lasagna, E. (2016). Uniparental genetic systems: A male and a female perspective in the domestic cattle origin and evolution. *Electronic Journal of Biotechnology*, 23, 69-78. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2016.07.001>

Edwards, C. J., Ginja, C., Kantanen, J., Pérez-Pardal, L., Tresset, A., Stock, F., European Cattle Genetic Diversity Consortium, Gama, L. T., Penedo, M. C., Bradley, D. G., Lenstra, J. A., & Nijman, I. J. (2011). Dual origins of dairy cattle farming-evidence



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

from a comprehensive survey of European Y-chromosomal variation. *PloS One*, 6(1), e15922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015922>

Estoup, A., Jarne, P., & Cornuet, J. M. (2002). Homoplasmy and mutation model at microsatellite loci and their consequences for population genetics analysis. *Molecular ecology*, 11(9), 1591-1604. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01576.x>

Ganguly, I., Jeevan, C., Singh, S., Dixit, S. P., Sodhi, M., Ranjan, A., Kumar, S., & Sharma, A. (2020). Y-chromosome genetic diversity of *Bos indicus* cattle in close proximity to the centre of domestication. *Sci Rep*, 10, 9992. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66133-3>

Ginja, C., Telo da Gama, L., & Penedo, M. C. (2009). Y chromosome haplotype analysis in Portuguese cattle breeds using SNPs and STRs. *The Journal of heredity*, 100(2), 148–157. <https://doi.org/10.1093/jhered/esn080>

Ginja, C., Penedo, M. C., Melucci, L., Quiroz, J., Martínez López, O. R., Revidatti, M. A., Martínez-Martínez, A., Delgado, J. V., & Gama, L. T. (2010). Origins and genetic diversity of New World Creole cattle: inferences from mitochondrial and Y chromosome polymorphisms. *Animal genetics*, 41(2), 128-141. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01976.x>

Ginja, C., Gama, L. T., Cortés, O., Burriel, I. M., Vega-Pla, J. L., Penedo, C., Sponenberg, P., Cañón, J., Sanz, A., do Egito, A. A., Alvarez, L. A., Giovambattista, G., Agha, S., Rogberg-Muñoz, A., Lara, M., BioBovis Consortium, Delgado, J. V., & Martínez, A. (2019). The genetic ancestry of American Creole cattle inferred from uniparental and autosomal genetic markers. *Scientific reports*, 9(1), 11486. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47636-0>

Groeneveld, L. F., Lenstra, J. A., Eding, H., Toro, M. A., Scherf, B., Pilling, D., Negrini, R., Finlay, E. K., Jianlin, H., Groeneveld, E., Weigend, S., & GLOBALDIV



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Consortium. (2010). Genetic diversity in farm animals--a review. *Animal genetics*, 41 Suppl 1, 6–31. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02038.x>

Hellborg, L., & Ellegren, H. (2004). Low levels of nucleotide diversity in mammalian Y chromosomes. *Molecular biology and evolution*, 21(1), 158-163.

<https://doi.org/10.1093/molbev/msh008>

Lancioni, H., Di Lorenzo, P., Cardinali, I., Ceccobelli, S., Capodiferro, M. R., Fichera, A., Grugni, V., Semino, O., Ferretti, L., Gruppetta, A., Attard, G., Achilli, A., & Lasagna, E. (2016). Survey of uniparental genetic markers in the Maltese cattle breed reveals a significant founder effect but does not indicate local domestication. *Animal Genetics*, 47(2), 267-269. <http://dx.doi.org/10.1111/age.12408>

Lenstra, J. A., Groeneveld, L. F., Eding, H., Kantanen, J., Williams, J. L., Taberlet, P., Nicolazzi, E. L., Sölkner, J., Simianer, H., Ciani, E., Garcia, J. F., Bruford, M. W., Ajmone-Marsan, P., & Weigend, S. (2012). Molecular tools and analytical approaches for the characterization of farm animal genetic diversity. *Animal genetics*, 43(5), 483-502. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02309.x>

Lenstra, J. A., Ajmone-Marsan, P., Beja-Pereira, A., Bollongino, R., Bradley, D. G., Colli, L., De Gaetano, A., Edwards, C. J., Felius, M., Ferretti, L., Ginja, C., Hristov, P., Kantanen, J., Lirón, J. P., Magee, D. A., Negrini, R., & Radoslavov, G. A. (2014). Meta-Analysis of Mitochondrial DNA Reveals Several Population Bottlenecks during Worldwide Migrations of Cattle. *Diversity*, 6(1), 178-187.

<https://doi.org/10.3390/d6010178>

Li, M. H., Zerabruk, M., Vangen, O., Olsaker, I., & Kantanen, J. (2007). Reduced genetic structure of north Ethiopian cattle revealed by Y-chromosome analysis. *Heredity*, 98, 214–221. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800931>

MacHugh, D. E., Shriver, M. D., Loftus, R. T., Cunningham, P., & Bradley, D. G. (1997). Microsatellite DNA variation and the evolution, domestication and phylogeography



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

of taurine and zebu cattle (*Bos taurus* and *Bos indicus*). *Genetics*, 146(3), 1071–1086. <https://www.genetics.org/content/146/3/1071.long>

Magee, D. A., MacHugh, D. E., & Edwards, C. J. (2014). Interrogation of modern and ancient genomes reveals the complex domestic history of cattle. *Animal Frontiers*, 4(3), 7-22. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0017>

Malaspina, P., Persichetti, F., Novelletto, A., Iodice, C., Terranato, L., Wolfe, J., Ferraro, M., & Prantera, G. (1990). The human Y chromosome shows a low level of DNA polymorphism. *Annals of Human Genetics*, 54(4), 297-305. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1809.1990.tb00385.x>

Martínez, A. M., Gama, L. T., Cañón, J., Ginja, C., Delgado, J. V., Dunner, S., Landi, V., Martín-Burriel, I., Penedo, M. C., Rodellar, C., Vega-Pla, J. L., Acosta, A., Alvarez, L. A., Camacho, E., Cortés, O., Marques, J. R., Martínez, R., Martínez, R. D., Melucci, L., Martínez-Velázquez, G., Muñoz, J., Postiglioni, A., Quiroz, J., Sponenberg, P., Uffo, O., Villalobos, A., Zambrano, D., & Zaragoza, P. (2012). Genetic footprints of Iberian cattle in America 500 years after the arrival of Columbus. *PloS One*, 7(11), e49066. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049066>

Pelayo, R., Penedo, M., Valera, M., Molina, A., Millon, L., Ginja, C., & Royo, L. J. (2017). Identification of a new Y chromosome haplogroup in Spanish native cattle. *Animal genetics*, 48(4), 450–454. <https://doi.org/10.1111/age.12549>

Rouse, J. E. (1977). *The Criollo: Spanish Cattle in the Americas*. NORMAN, University of Oklahoma Press, USA. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19770130870>

Sharma, R., Kishore, A., Mukesh, M., Ahlawat, S., Maitra, A., Pandey, A. K., & Tantia, M. S. (2015). Genetic diversity and relationship of Indian cattle inferred from microsatellite and mitochondrial DNA markers. *BMC genetics*, 16, 73. <https://doi.org/10.1186/s12863-015-0221-0>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

<https://bmcgenomdata.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12863-015-0221-0#:~:text=Conclusions,conservation%20of%20indicine%20cattle%20diversity>.

Villalobos-Cortés, A. I., Martínez, A. M., Escobar, C., Vega-Pla, J. L., & Delgado, J. V. (2010). Study of genetic diversity of the Guaymi and Guabala bovine populations by means of microsatellites. *Livestock Science* 131, 45-51.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.024>

### AGRADECIMIENTO

Este trabajo emana del proyecto financiado por LISBOA-01-0145-FEDER-016647 con el apoyo de Animal Breeding Consulting S.L., Córdoba, España. Parcialmente financiado por Universidad de California, Davis, VELOGEN S.L., Madrid, España y por el Grupo Referencia LAGENBIO del Gobierno de Aragón; Auspiciado por Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al igual que al Sistema Nacional de Investigación (SNI).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## DISTRIBUCIÓN DE *Corynothrips stenopterus* Williams (THYSANOPTERA: THIRIPIDAE) EN YUCA EN PROVINCIAS CENTRALES DE PANAMÁ<sup>1</sup>

**Randy Atencio-Valdespino<sup>2</sup>; Alex Vásquez-Osorio<sup>3</sup>;  
Iván Alexis Ramos-Zachrisson<sup>4</sup>; Anovel Amet Barba-Alvarado<sup>5</sup>**

### RESUMEN

Los trips (Thysanoptera) incluyen especies que ocasionan pérdidas en la producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz, 1766), uno de los rubros de importancia estratégica en Panamá. El objetivo del presente estudio fue determinar los caracteres morfológicos, daño y distribución geográfica de *Corynothrips stenopterus* Williams (Thysanoptera:Thripidae) en yuca en la región pacífica de provincias centrales de Panamá. La investigación se desarrolló durante el periodo de enero a diciembre de 2023. Se realizaron muestreos en 20 localidades distribuidas en provincias centrales de Panamá (Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas). Dentro de cada localidad se seleccionaron al azar 20 plantas, de las cuales se colectó las hojas de la parte media de las plantas dentro de una bolsa plástica de cierre hermético. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio para examinar el daño en las hojas, el número de estados inmaduros y adultos del insecto. Se procedió al montaje en láminas fijas de adultos de trips para la identificación de la especie, con el uso de claves taxonómicas. La especie *C. stenopterus* se identifica porque posee una cabeza y pronoto de color oscuros, pero también los tergitos III-IV y VII-X, con otras áreas amarillas. Los adultos e inmaduros causan síntomas de decoloración en el envés de la hoja. Este insecto se encuentra distribuido geográficamente en la región pacífica de provincias centrales de Panamá, asociado a la clorosis en hojas de yuca, pero deben ser preparados en láminas fijas para observar sus caracteres y poder hacer una correcta identificación.

**Palabras clave:** Clorosis, identificación, *Manihot esculenta*, montaje, trips.

<sup>1</sup>Recepción: 04 de julio de 2024. Aceptación: 13 de mayo de 2025. Este trabajo formó parte de los estudios asociados a Entomología Agrícola en Panamá realizados dentro del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>2</sup>IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD), Herrera, Panamá/Sistema Nacional de Investigación (SNI), Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), Ciudad de Panamá, Panamá. e-mail: [randy.atencio@gmail.com](mailto:randy.atencio@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Chitré, Panamá. e-mail: [hoolie2917@gmail.com](mailto:hoolie2917@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2145-1957>

<sup>4</sup>IDIAP, CIAD, Herrera, Panamá. e-mail: [jarz1103@gmail.com](mailto:jarz1103@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5939-070X>

<sup>5</sup>IDIAP, CIAD, Herrera, Panamá/SNI, SENACYT, Ciudad de Panamá, Panamá.

e-mail: [anovelbarba@gmail.com](mailto:anovelbarba@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## DISTRIBUTION OF *Corynothrips stenopterus* Williams (THYSANOPTERA: THRIPIDAE) IN CASSAVA IN THE CENTRAL PROVINCES OF PANAMA

### ABSTRACT

Thrips (Thysanoptera) include species that cause losses in the production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz, 1766), one of the strategic important crops in Panama. The aim of this research was to determine the morphological characters, damage, and geographical distribution of *C. stenopterus* in cassava in the Pacific region of the central provinces of Panama. The study was developed during the period from January to December 2023. Sampling was carried out in 20 locations distributed in the central provinces of Panama (Coclé, Herrera, Los Santos, and Veraguas). Within each location, 20 plants were randomly selected, from which the leaves of the middle part of the plants were collected inside a plastic bag with hermetic seal. The samples were transferred to the laboratory to examine the damage on leaves and the number of immature instars and adults of the insect. Adult thrips were mounted on microslides to identify the species by using taxonomic keys. The species *C. stenopterus* was identified because it has got a dark head and pronotum, but also tergites III–IV and VII–X, with other yellow areas. Adults and immatures cause discoloration symptoms on the underside of the leaf. *C. stenopterus* is geographically distributed in the Pacific region of the central provinces of Panama and is also associated with the chlorosis of cassava leaves, but for its correct identification, it must be prepared on microslides to observe its characters.

**Keywords:** Chlorosis, identification, *Manihot esculenta*, mounting, thrips.

### INTRODUCCIÓN

La producción de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (Malpigiiales: Euphorbiaceae) es uno de los principales rubros agrícolas en Panamá (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2022). Durante la cosecha 2021-2022 se produjo un estimado de 21 835,8 toneladas provenientes de 1 598,96 hectáreas, donde solo la región de provincias centrales (Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas) produjo 3 479,69 toneladas en 216,63 hectáreas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2022). A nivel internacional en cifras al cierre del año 2020 los principales productores del rubro incluyen Nigeria (60 millones de toneladas), República Democrática del Congo (41,01 M t), Tailandia (29 M t), Ghana (21,81 M t), Indonesia (18,30 M t) y Brasil (18,21 M t) (Tridge, 2022).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La yuca se clasifica dentro del rubro de raíces y tubérculos por su importancia para la seguridad alimentaria (sus raíces contienen más de almidón 30%), especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos áridos (Aristizábal & Sánchez, 2007). La yuca es afectada por diversas enfermedades (fungosas y bacterianas que causan manchas foliares, necrosis del tallo o pudriciones radicales) e insectos plagas (tales como el gusano cachón [*Erinnyis ello* [L.]] [Lepidoptera: Sphingidae], la chinche subterránea de la viruela [*Cyrtomenus bergi* F.] [Hemiptera: Cydnidae], y algunas especies de trips [*Frankliniella williamsi* Hood y *Scirtothrips manihoti* [Bondar] [Thysanoptera:Thripidae]) (Aristizábal y Sánchez, 2007; Jiménez y Hernández, 2013).

En Panamá las especies de trips de la familia Thripidae que incluyen *Corynothrips stenopterus* Williams, *Neohydatothrips williamsi* (Hood) y *Scirtothrips panamensis* Hood fueron asociadas a yuca (Goldarazena et al., 2012), pero sin registros de la distribución geográfica de dicha especie en plantaciones de yuca. El objetivo del estudio fue determinar los caracteres morfológicos, daño y distribución geográfica de *C. stenopterus* en yuca en la región pacífica de provincias centrales de Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos durante el período de enero hasta diciembre de 2023 en la región pacífica de provincias centrales (Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas) (Figura 1). Estas localidades se caracterizan por presentar un clima tropical de sabana, con periodos secos que van de enero a abril, así como precipitaciones de mayo a diciembre, con un promedio anual de 1 300 mm. Las elevaciones de estas regiones geográficas varían entre 0 y 300 msnm (Autoridad Nacional del Ambiente [ANAM], 2010).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Fuente: Google Earth, 2023.

**Figura 1. Localización geográfica del área de muestreo de yuca en la región pacífico central de Panamá.**

Se seleccionaron por provincia (Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas) cinco localidades (20 en total) con productores con al menos 20 plantas de yuca, para coleccionar al azar de 20 plantas una hoja del estrato medio de las plantas de yuca (la hoja incluyó el peciolo y la lámina) que fueron introducidas dentro de una bolsa con cierre hermético con capacidad de 1 galón. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Protección Vegetal (LPV) del Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD) del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Se examinó daño en hojas, número de inmaduros y adultos del insecto en un microscopio de disección (100 x de aumento), cámara digital e iluminación LED 5000 SLI.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para determinar la especie *C. stenopterus* se realizó el montaje en láminas fijadas de adultos a partir de la metodología propuesta por Barba & Suris (2015) y Mound & Kibby (1998). Las observaciones se realizaron con ayuda de un estereomicroscopio y microscopio, con aumento de 40 a 100 X. Para la identificación de la especie *C. stenopterus* se utilizó la clave taxonómica de Cavalleri et al. (2018) y Mound & Marullo (1996). Los insectos colectados se depositaron en la colección de Entomología del CIAD-IDIAP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período de muestreo se identificó la presencia de *C. stenopterus* en agroecosistema de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), dentro de las veinte localidades seleccionadas, fueron capturados 729 adultos y 274 inmaduros. Todos los adultos fueron hembras. El promedio de captura de adultos por hoja fue de dos adultos. Los insectos se encontraron en plantas de yuca entre cuatro y doce meses.

### Identificación de *C. stenopterus*

Para la identificación a través de los caracteres morfológicos fueron seleccionados 12 especímenes adultos (12♀, 17.v.2023). Los caracteres morfológicos que identificaron a *C. stenopterus* (Figura 2) incluyen que la cabeza y pronoto son oscuros, pero también los tergitos III-IV y VII-X, con otras áreas amarillas; la cabeza es prolongada en frente de los ojos, con antenas de nueve segmentos y las setas mayores son muy prolongadas y con flecos pinnados, que son caracteres correspondientes a los presentados en las claves taxonómicas de Cavalleri et al. (2018) y Mound & Marullo (1996).

### Daño de *C. stenopterus*

Durante los muestreos realizados se pudo observar en el follaje, que tanto adultos como inmaduros causan daños en los tejidos terminales en crecimiento y hojas, donde ocasionan manchado, decoloración y amarillamiento de las hojas (Figura 3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

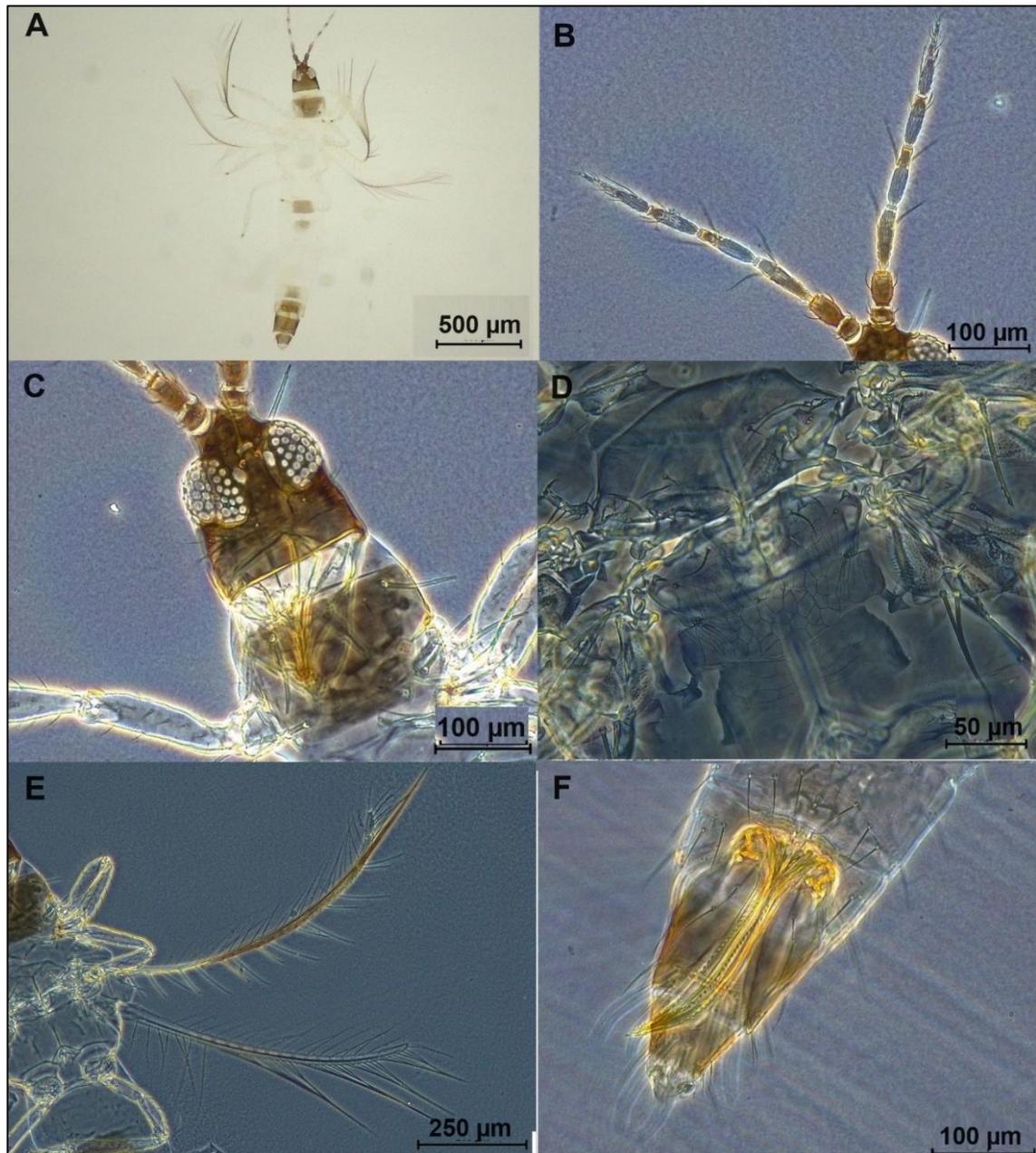
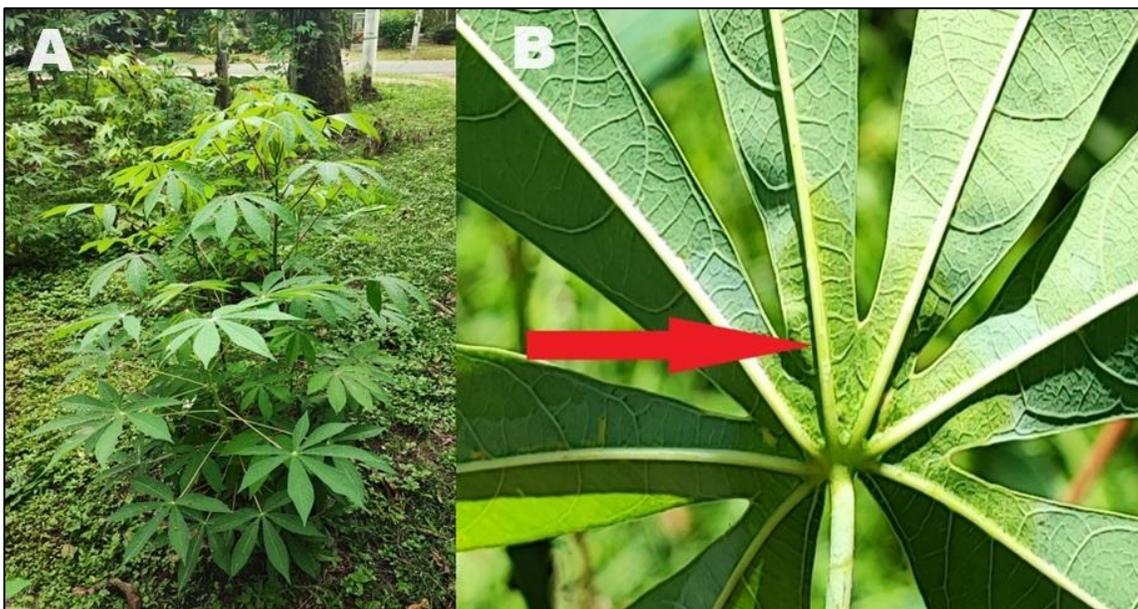


Figura 2. Especimen hembra de *Corynothrips stenopterus* Williams. (A) Cuerpo entero; (B) Antenas de 9 segmentos; (C) Cabeza y pronoto; (D) Metanoto ; (E). Alas anteriores y posteriores (F) Ovipositor.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 3. Plantas de yuca con síntomas de decoloración en el envés de la hoja (A y B) ocasionadas por *Corynothrips stenopterus* Williams.**

### **Distribución geográfica de *C. stenopterus***

Los muestreos realizados indican que la especie se encuentra distribuida en plantas de yuca ubicadas en las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas, conocidas como las provincias centrales de Panamá.

La identificación de la especie *C. stenopterus* presenta caracteres morfológicos distintivos como los observados en el presente estudio, que incluyen la cabeza y pronoto oscuros, pero también los tergitos III-IV y VII-X, con otras áreas amarillas; la cabeza es prolongada en frente de los ojos, y las setas mayores son muy prolongados y con flecos pinnados (Mound & Marullo, 1996; Cavalleri et al., 2018).

Los daños por trips en yuca se concentran en los tejidos terminales en crecimiento y hojas donde ocasionan manchado, decoloración y amarillamiento de las hojas, todos estos elementos causados por la succión de los contenidos de las células de las hojas, que pueden ocasionar pérdida de vigor de la hoja, caída de la hoja y reducción de la producción



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de yuca, con ataques sobre todo en período seco y las infestaciones generalmente iniciando de los bordes de la plantación (Walter et al., 2018).

Reportes de daños en yuca por trips en América y África (Schoonhoven, 1977) indicaron que las especies de trips predominantes fueron *F. williamsi*, *C. stenopterus* y *Caliothrips masculinus* (Hood). En Colombia (Peña & Schoonhoven, 1976) señalan que las tres especies mencionadas causaron daño principalmente cuando las plantas no habían alcanzado los tres meses de edad, siendo el factor pluviométrico decisivo por un efecto marcado en el grado de daño y el incremento en el número de tricomas se opone al grado de daño. Estudios realizados sobre *C. stenopterus* reportan su preferencia para atacar las partes bajas y centrales de la planta de las plantas de yuca (Bellotti et al., 2012).

Reportes generados en América (Bellotti et al., 2012) indicaron que las especies *F. williamsi*, *Scirtothrips manihoti* (Bondar) y *C. stenopterus* son trips plaga más importantes en yuca en el continente, porque dañan brotes en crecimiento, deforman las hojas, causan manchas cloróticas amarillas y rasgaduras en las hojas debido al uso de su aparato raspador chupador al punto de deformar los lóbulos completos de las hojas. Debido a ello se realizaron estudios de pruebas de resistencia a daños por trips en yuca (Schoonhoven, 1974) en 1 254 clones del banco de germoplasma de yuca en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, donde alrededor del 20% de los clones evaluados no mostraron síntomas de daño por trips.

Estudios realizados sobre las pérdidas en yuca por *C. stenopterus* y *F. williamsi* en época seca estiman pérdidas de rendimiento entre el 11 y el 15,4 % para los cultivares de resistencia intermedia y susceptibles, pero los cultivares susceptibles se estimaron en un 17,2 % (Schoonhoven & Peña, 1976). Los daños ocasionados por *C. stenopterus*, sobre todo en período seco se estiman entre 5 % y 30 % (Caribbean Agricultural Research and Development Institute [CARDI], 2021), cifra cercana a la de Bellotti et al. (2012) que reportó daños entre 5,6 % y 28,4 % en atención a la variedad de yuca, sobre todo cuando la planta tiene tres meses sus ataques pueden reducir en promedio 17,2 % de la producción.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La especie *C. stenopterus* fue reportada en yuca en Panamá (Goldarazena et al., 2012), pero sin reportes sobre su distribución en plantaciones de yuca en determinadas regiones. La especie *C. stenopterus* fue reportada como una plaga ampliamente distribuida en yuca en en Puerto Rico, Trinidad, Costa Rica, Perú, Panamá, Surinam, Guyana y Brasil (Mound & Marullo, 1996; Ortiz, 1973). En Costa Rica además de *C. stenopterus* a en yuca se reportan las especies *Frankliniella cephalica* Crawford (Thripidae) y *Thrichothrips strasseni* Retana y Soto (Phlaeothripidae), siendo las dos primeras especies asociadas a ataques severos durante los periodos secos, y ocasionalmente confundidas con la enfermedad conocida como sarna de la yuca (Aguilar Brenes et al., 2017; Retana-Salazar & Soto-Rodríguez, 2002).

De igual manera, se reportó en yuca en Cuba las especies de *F. cephalica*, *Frankliniella insularis* Hood y *Frankliniella tritici* Hood (Rodríguez-Romero et al., 2011) y Brasil las especies *C. stenoptera* y *Scirtothrips manihoti* (Bondar) (Monteiro, 2001). Los muestreos realizados en el presente estudio indican que la especie se encuentra distribuida y asociada a la presencia de las plantas de yuca, por el hecho de ser la principal planta hospedera de esta especie de trips (Bellotti et al., 2012; Walter et al., 2018).

### CONCLUSIONES

- La especie *C. stenopterus* se identifica principalmente por poseer una cabeza y pronoto de color oscuros. Los adultos e inmaduros causan síntomas de decoloración en el envés de la hoja de plantas de yuca.
- El trips *C. stenopterus* se encuentra distribuida geográficamente en la región pacífica de provincias centrales (Coclé, Herrera, Los Santos y Veraguas) de Panamá y su presencia está asociada a la presencia de la yuca, como planta hospedera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## REFERENCIAS

- Aguilar Brenes, E., Segreda Rodríguez, A., Saborío Argüello, D., Morales González, J., Chacón Lizano, M., Rodríguez Rojas, L., Acuña Chinchilla, P., Torres Portuguez, S., & Gómez Bonilla, Y. (2017). *Manual del cultivo de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca.*, Boletín de servicios agrícolas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. <https://www.fao.org/4/a1028s/a1028s.pdf>
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). *Atlas ambiental de la República de Panamá: Características físicas*. Autoridad Nacional del Ambiente. <https://sinia.gob.pa/atlas-ambiental-de-la-republica-panama/>
- Barba, A., & Suris, M. (2015). Presencia de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en arvenses asociadas al cultivo de la sandía para la región de Azuero, Panamá. *Revista de Protección Vegetal*, 30(3), 171-175. <https://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/604>
- Bellotti, A., Arias, B., Vargas, O., & Peña, J. (2012). Insects and mites causing yield losses in Cassava. In B. Ospina Patiño, & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the third millennium: modern production, processing, use, and marketing systems*, (pp. 251-264). Centro Internacional de Agricultura Tropical; Latin American and Caribbean Consortium to support Cassava Research and Development; Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation. Publicación Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Cali. <https://cgspace.cgiar.org/items/10bbd76a-01e7-4b3c-b8c3-97015f36aec5>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cavalleri, A., Mound, L.A., Lindner, M.F., Botton, M., & Mendonça Jr, M.S. (2018). *The Thrips of Brazil*. <https://www.thysanoptera.com.br/>

Caribbean Agricultural Research and Development Institute. (2021). *Growing Cassava. Pest and disease management*. Ministry of Blue and Green Economy, Agriculture and National Food Security / Caribbean Agricultural Research and Development Institute. Commonwealth of Dominica.  
<https://www.cardi.org/wp-content/uploads/2021/12/Fact-sheet-07-Growing-Cassava--Pest-and-Disease-Management--Final.pdf>

Goldarazena, A., Gattesco, F., Atencio, R., & Korytowski, C. (2012). An updated checklist of the Thysanoptera of Panama with comments on host associations. *Check List*, 8(6), 1232-1247. <https://doi.org/10.15560/8.6.1232>

Google Earth. (2023). *Mapa de Panamá*.  
<https://earth.google.com/web/search/panam%c3%a1>

Jiménez, D., & Hernández, R. (2013). *Recomendaciones para el cultivo de yuca (Manihot esculenta)*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.  
<http://www.idiap.gob.pa/download/recomendaciones-para-el-cultivo-de-yuca/?wpdmdl=1362>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2022). *Cierre agrícola 2021-2022*.  
<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2024/02/CierreAgricola-2021-2022.pdf?csrt=5402823834812921058>

Monteiro, R. (2001, July 2-7). The Thysanoptera fauna of Brazil. In Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Ed.), *Thrips and Tospoviruses: Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera* (pp. 325-340). CSIRO, Australia. <https://www.ento.csiro.au/thysanoptera/Symposium/Section9/49-Monterio.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Mound, L. A., & Marullo, R. (1996). The Thrips of Central and South America: An introduction (Insecta: Thysanoptera) *International Memoirs on Entomology*, 6, Associated Publishers, Gainesville, Fla.

Mound, L. A., & Kibby, G. (1998). *Thysanoptera: An identification guide* (2<sup>nd</sup> ed.). CAB International-

Ortiz, M. (1973). Contribución al conocimiento de los Thysanoptera del Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 16, 111-114.

Peña, J. E., & Schoonhoven, A. V. (1976). Fluctuación de poblaciones de insectos y acarinos en yuca en la zona de Palmira, Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología*, 2(4), 115-132. <https://doi.org/10.25100/socolen.v2i4.10420>

Retana-Salazar, A., & Soto-Rodríguez, G. (2002). *Trichinothrips strasseni*: nueva especie de trips asociada al cultivo de yuca en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas*, 63, 71-72.  
<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6862/A2104e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez-Romero, A., Posos Ponce, P., Castillo Duvergel, Y., & Suris Campos, M. (2011). Especies de los géneros *Thrips* y *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) asociadas a cultivos en la provincia de Guantánamo. *Revista de Protección Vegetal*, 26(3), 144-148.  
<https://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/145>

Schoonhoven, A. V. (1974). Resistance to Thrips damage in Cassava, *Journal of Economic Entomology*, 67, 6(1), 728-730, <https://doi.org/10.1093/jee/67.6.728>

Schoonhoven, A. V., & Peña, J. E. (1976). Estimation of Yield Losses in Cassava Following Attack from Thrips. *Journal of Economic Entomology*, 69(4), 514-516, <https://doi.org/10.1093/jee/69.4.514>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Schoonhoven, A. V. (1977, November 7-12). Thrips on cassava: economic importance, sources and mechanisms of resistance. In T. Brekelbaum, A. C. Bellotti, y J. C. Lozano (Eds.), *Proceedings Cassava Protection Workshop*. (pp. 177-180). Centro Internacional de Agricultura Tropical.

<http://ciat->

[library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB211.C3\\_C302\\_1977\\_Cassava\\_Protection\\_Workshop\\_1977,\\_Cali,\\_Colombia\\_Proceedings.pdf](http://library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB211.C3_C302_1977_Cassava_Protection_Workshop_1977,_Cali,_Colombia_Proceedings.pdf)

Tridge. (2022). *Producción de Mandioca (yuca)*.

<https://www.tridge.com/es/intelligences/mandioca/production>

Walter, N. T., Adeleye, V. O., Muthomi, P. K., Rojas, R. J. O., Strzyzewski, I., Funderburk, J., & Martini, X. (2018). Toxicity of different insecticides against two thrips (Thysanoptera: Thripidae) pests of concern in Central America. *Florida Entomologist*, 101(4), 627-633. <https://doi.org/10.1653/024.101.0426>

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Dirección del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Los autores Randy Atencio-Valdespino y Anovel Amet Barba-Alvarado son apoyados con fondos del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ARTRÓPODOS PLAGAS Y BENÉFICOS EN CAMPOS DE TOMATE EN FRUCTIFICACIÓN EN LOS SANTOS, PANAMÁ<sup>1</sup>

**Randy Atencio-Valdespino<sup>2</sup>; Vidal Aguilera-Cogley<sup>3</sup>; José Ángel Herrera-Vásquez<sup>4</sup>;  
Alex Vásquez-Osorio<sup>5</sup>; Yolany Valderrama-Macías<sup>6</sup>**

### RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) constituye uno de los rubros de mayor producción en la provincia de Los Santos con un estimado de 177,7 ha. El rubro disminuye su producción por diversos factores que incluyen desde aspectos fitosanitarios hasta manejo post cosecha. El objetivo de este estudio fue determinar los principales artrópodos presentes en campos de tomate en fructificación en nueve localidades de la provincia de Los Santos. Se realizaron muestreos en campo en los distritos de Guararé, Los Santos y Tonosí, en plantaciones de diversas variedades e híbridos de tomate en período de fructificación y cosecha en abril de 2024. Se realizó un esfuerzo de muestreo por cada campo de 1 hora en trazos de surcos total de 50 m de largo por localidad. Los especímenes capturados fueron llevados a condiciones de laboratorio para su identificación. Según los resultados, se identificaron siete artrópodos, de los cuales los fitófagos de mayor relevancia encontrados fueron la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) y el minador de las hojas *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). Las crisopas *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), arañas de jardín *Argiope* sp. (Araneae: Araneidae) y la mariquita *Cheilomenes sexmaculata* F. (Coleoptera: Coccinellidae) fueron los depredadores de mayor relevancia encontrados en al menos una localidad de las nueve visitadas. La información generada puede ser utilizada dentro de los componentes de manejo integrados de plagas de tomate en la región de Azuero.

**Palabras clave:** Azuero, depredadores, fitófagos, insectos, *Solanum lycopersicum* L.

<sup>1</sup>Recepción: 29 de abril de 2024. Aceptación: 25 de octubre de 2024. Estudio realizado dentro de la segunda gira técnica de seguimiento de la problemática fitosanitaria del tomate en la provincia de Los Santos.

<sup>2</sup>Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIA Divisa). Entomólogo. e-mail: [randy.atencio@gmail.com](mailto:randy.atencio@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

<sup>3</sup>IDIAP, CIA Divisa. Laboratorio de Protección Vegetal. Micología. e-mail: [vidalaguilera@gmail.com](mailto:vidalaguilera@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7647-3208>

<sup>4</sup>IDIAP, CIA Divisa. Laboratorio de Protección Vegetal. Virología. e-mail: [oshervs11@gmail.com](mailto:oshervs11@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8437-5920>

<sup>5</sup>Centro Regional Universitario de Azuero, Universidad de Panamá. e-mail: [hoolie2917@gmail.com](mailto:hoolie2917@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2145-1957>

<sup>6</sup>Centro Regional Universitario de Coclé, Universidad de Panamá. e-mail: [yolanysc29@gmail.com](mailto:yolanysc29@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0008-4306-1993>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ARTHROPODS PESTS AND BENEFICIALS IN FRUITING TOMATO FIELDS IN LOS SANTOS, PANAMA

### ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most productive crops in the province of Los Santos, with an estimated 177.7 hectares. The sector decreases its production due to various factors that include crop protection aspects and post-harvest management. The aim of this study was to determine the main arthropods present in fruiting tomato fields in nine locations in the province of Los Santos. Field sampling was carried within the districts of Guararé, Los Santos, and Tonosí in plantations of various tomato varieties and hybrids during the fruiting and harvest period in April 2024. An effort was made to sample each field for 1 hour in total furrow traces of 50 meters long per location. The specimens captured were taken to laboratory conditions for identification. According to the results, seven arthropods were identified, of which the most relevant phytophagous arthropods were the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) and the leaf miner *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). Lacewings *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), garden spiders *Argiope* sp. (Araneae: Araneidae), and the lady beetle *Cheilomenes sexmaculata* F. (Coleoptera: Coccinellidae) were the most relevant predators found in at least one locality out of the nine visited. The information generated can be used within the components of integrated pest management of tomatoes in the Azuero region.

**Keywords:** Azuero, predators, phytophagous, insects, *Solanum lycopersicum* L.

### INTRODUCCIÓN

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Solanaceae) industrial en Panamá se concentra en la actualidad en las provincias de Los Santos (177,7 ha) y Herrera (15,55 ha) con una productividad de 10 092 337 kg (222 499) con un promedio estimada en 1 151 qq/ha, con híbridos y variedades de tomate tipo perita y de mesa como el caso de IDIAP T-8 e IDIAP T-9 que incluyen el uso del sistema de riego por goteo y las herramientas de fertilización por el sistema (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2023).

El rubro de tomate presenta en Panamá dificultades que incluyen el aumento de los insumos agrícolas (hasta en un 11%), debilidad en capacitación y transferencia de tecnologías por los escasos recursos en inversión, tomando en cuenta que es un rubro que



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

contribuye en la economía nacional con 1,9 millones de balboas en bienes y servicios agropecuarios (MIDA, 2023).

La producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Solanaceae) industrial en Panamá se concentra en la actualidad en las provincias de Los Santos (177,7 ha) y Herrera (15,55 ha) con una productividad de 10 092 337 kg (222 499) con un promedio estimada en 1 151 qq/ha, con híbridos y variedades de tomate tipo perita y de mesa como el caso de IDIAP T-8 e IDIAP T-9 que incluyen el uso del sistema de riego por goteo y las herramientas de fertilización por el sistema (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2023).

En Panamá de manera general se había reportado la disminución en la producción de tomate debido a factores fitosanitarios tales como malezas, enfermedades (por hongos, bacterias y virus) e insectos, dentro de estos últimos con mayor potencial de daños plagas tales como la mosca blanca (*Bemisia tabaci* [Gennadius]), gusanos del fruto (*Helicoverpa zea* [Boddie] y *Heliothis virescens* [Fabricius]), gusano del fruto (género *Spodoptera* Guenée), minador (género *Liriomyza* Mik), enrollador (*Keiferia licopersicella* [Wals.]), picudo del tomate (*Faustinus rhombifer* [Champion]) y la polilla del tomate (*Tuta absoluta* [Meyrick]) (Guerra et al., 2016).

Desde hace años el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en el área del arco seco de Panamá (que incluye la provincia de Los Santos) ha contribuido con avances en el manejo de aspectos fitosanitarios con variedades de tomate como IDIAP-T-7 donde sobresale el rendimiento superior a 68,18 t/ha, alta tolerancia a marchitez bacteriana, virosis y altas temperaturas. El objetivo de este estudio fue determinar los principales artrópodos plagas y benéficos presentes en campos de tomate en fructificación en localidades de la provincia de Los Santos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las capturas fueron realizadas en nueve localidades dentro de los distritos de Guararé, Los Santos y Tonosí de la provincia de Los Santos en plantaciones de diversas variedades e híbridos de tomate en período de fructificación y cosecha en abril de 2024.

El esfuerzo de muestreo por cada campo fue de 1 hora tiempo en trazos de surcos total de 50 m de largo por localidad.

Las capturas se realizaron de forma directa con la utilización de bolsas con cierre mágico de 1 galón tomando las muestras de 10 brotes terminales por localidad visitada. Los especímenes capturados fueron introducidos en viales de 4 Dram (8 ml) con alcohol a 70%. Se determinó presencia o ausencia por sitio de las especies de artrópodos capturados por localidad. Los especímenes capturados fueron trasladados al Laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa del IDIAP para su identificación taxonómica utilizando como referencia las claves taxonómicas de Johnson y Triplehorn (2004) y Jones et al. (2016). Para el caso de los géneros encontrados se utilizó las claves taxonómicas y referencias de caracteres morfológicos disponibles de Patel et al. (2012) y Baig et al. (2015) para el género *Bemisia* Gennadius; Spencer (1989) y Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]/ International Plant Protection Convention [IPPC] (2016) para el género *Liriomyza* Mik: Fauske (2004), Borges y Marreno (2012) y Dubatolov (2016) para el género *Estigmene* Hübner; Brooks (1994) y Valencia et al. (2006) para el género *Chrysoperla* Steinmann: Coscarón y Pall (2015) para el género *Phthiacnemia*; Kerr (2018) y Wang et al. (2021) para el género *Argiope* Audouin; Ramírez et al. (2017) y Al Ansi et al. (2020) para el género *Cheilomenes* Chevrolat.

Estos especímenes formaran parte de la Colección de Entomología del centro. Las fotografías a nivel de campo fueron captadas utilizando una cámara Sony Cyber-shot DSC-WX350 y las fotografías de laboratorio con un estereomicroscopio Leica S9i con cámara incorporada.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Principales artrópodos encontrados

Se identificaron siete artrópodos, de los cuales los artrópodos fitófagos de mayor relevancia encontrados en nueve localidades de las nueve muestreadas fueron la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) y el minador de las hojas *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). Las crisopas *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) arañas de jardín *Argiope* sp. (Araneae: Araneidae) y el coccinélido *Cheilomenes sexmaculata* F. (Coleoptera: Coccinellidae) fueron los depredadores de mayor relevancia encontrados en al menos una localidad por las nueve visitadas (Cuadro 1 y Cuadro 2).

**Cuadro 1. Presencia de especies de artrópodos por sitio visitado durante muestreos en tomate en fructificación en la provincia de Los Santos.**

Nombre común	Nombre científico	Hábito	Impacto en plantas de tomate	Presencia (Presencia / Sitios visitados)
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)	Fitófago	Vector de <i>Begomovirus</i> de plantas en campo.	9 / 9
Mosca minadora	<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Diptera: Agromyzidae)	Fitófago	Hojas minadas son más susceptibles al daño por viento lo que ocasiona la defoliación completa del cultivo.	9 / 9
Polilla blanca	<i>Estigmene acrea</i> (Drury) (Lepidoptera: Erebidae)	Fitófago	Larvas se alimentan del follaje tierno de las plantas.	4 / 9
Crisopas	<i>Chrysoperla</i> sp. (Neuroptera: Chrysopidae)	Depredador	Huevos de crisopas distribuidos dentro del follaje de las plantas.	4 / 9
Chinche del tomate	<i>Phthiacnemis picta</i> (Drury) (Hemiptera: Coreidae)	Fitófago	Presentes en la sección inferior del follaje de la planta.	1 / 9
Araña de jardín	<i>Argiope</i> sp. (Araneae: Araneidae)	Depredador	Presentes dentro de follaje de plantas y entrelazando follaje de distintas plantas. Con capturas estimadas entre 30 y 40 especímenes adultos de mosca blanca.	1 / 9
Coccinélido	<i>Cheilomenes sexmaculata</i> F. (Coleoptera: Coccinellidae)	Depredador	Observada visitando el follaje de tomate. Su presencia está relacionada a estadios inmaduros de mosca blanca.	1 / 9



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

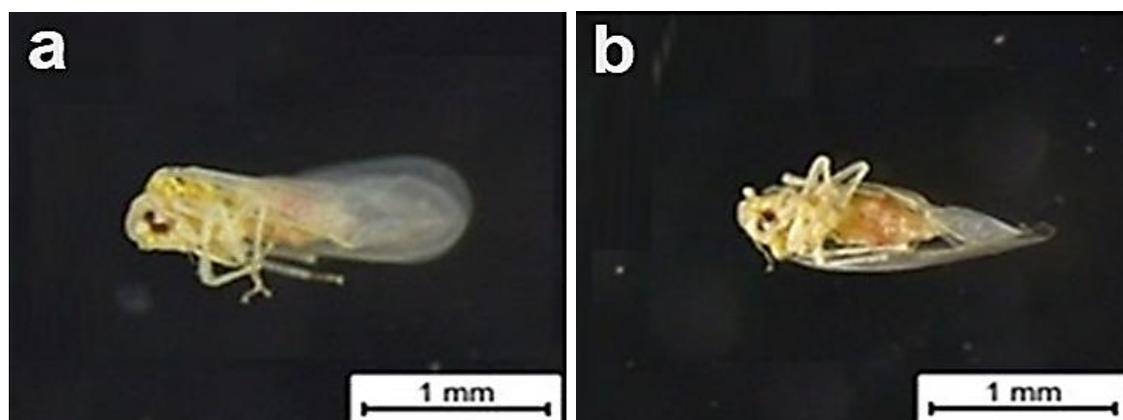
**Cuadro 2. Localidades de muestreo de artrópodos relacionados al cultivo de tomate en fructificación en la provincia de Los Santos.**

Localidad	Varietades – Híbridos	Artrópodos Plagas	Artrópodos Depredadores	Coordenadas de localidad
El Bebedero de Tonosí	IDIAP T7, IDIAP T8, IDIAP T9 y Kiara	Mosca blanca, minador y polilla blanca		7,410053 - 80,461399; 20 msnm
Puerto Piña de Tonosí	IDIAP T8, Kiara, Vanessa, Nazaret y Red Master	Mosca blanca, minador y polilla blanca		7,38585 - 80,41042; 10 msnm
Puerto Piña de Tonosí	IDIAP T8, IDIAP T9 y Kiara	Mosca blanca, minador, polilla blanca y	Coccinélidos	7,385243 - 80,411450; 10 msnm
Puerto Piña de Tonosí	IDIAP T8, IDIAP T9, Kiara y Vanessa	Mosca blanca, minador, polilla blanca	Huevos de crisopas	7,383704 - 80,409090; 10 msnm
Tres Quebrada de Los Santos	IDIAP T8, IDIAP T9, Nazaret, Kiara y Vanessa	Mosca blanca, minador	Huevos de crisopas y arañas	7,857437 - 80,389242; 65 msnm
Las Guabas de Los Santos	IDIAP T9	Mosca blanca y minador		7,820146 - 80,484939; 72 msnm
Las Guabas de Los Santos	IDIAP T8, IDIAP T9, Kiara y Vanessa	Mosca blanca, minador	Huevos de crisopas	7,824586 - 80,485316; 72 msnm
Llano Abajo de Guararé	IDIAP T8, IDIAP T9, Vanessa y Red master	Mosca blanca, minador, chinche patón y	Huevos de crisopas	7,784159 - 80,415043; 57 msnm
Llano Abajo de Guararé	IDIAP T9	Mosca blanca y minador		7,787624 - 80,411397; 57 msnm

Las poblaciones de mosca blanca *B. tabaci* (Figura 1) han sido reportadas en plantaciones de tomate en la provincia de Los Santos (Herrera Vásquez et al., 2022), asociadas a la transmisión de *Begomovirus* que incluyen: virus del mosaico amarillo de la papa de Panamá (PYMPV), virus del moteado amarillo del tomate (TYMoV) y virus del enrollamiento de la hoja de tomate de Sinaloa (ToLCSiV) que causan pérdidas en la productividad de tomate en Panamá (Herrera-Vásquez et al., 2016; Jaén-Sanjur y Herrera-Vásquez, 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 1. Mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivo de tomate en Los Santos, Panamá. Lateral con el dorso hacia arriba (a) y lateral con el dorso hacia abajo (b).**

La mosquita minadora *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzida) ha causado daños en follaje de hortalizas (Figura 2), especialmente en papa (*Solanum tuberosum* L.), en Cerro Punta en la provincia de Chiriquí (Lezcano et al., 2005). La especie se encuentra reportada en Panamá y distribuida en cinco continentes donde mantiene sus hábitos de alimentación polífaga, que incluye el tomate, y la habilidad para desarrollar resistencia a insecticidas de forma rápida con un amplio rango de plantas hospederas que les permite la migración entre diferentes cultivos y plantas hospedantes silvestres (Reitz y Trumble, 2002; Dirección General de Sanidad Vegetal – Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria [DGSV-CNRF], 2020).



**Figura 2. Planta de tomate con ataque del minador de la hoja.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

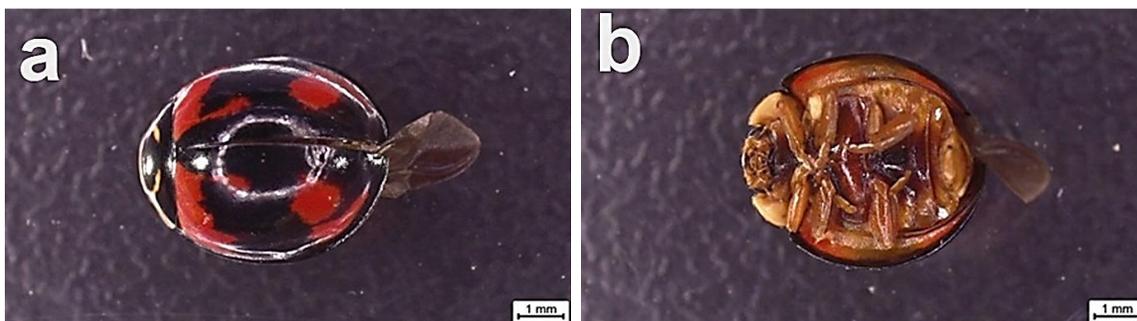
El chinche del tomate *Phthiacnemia picta* (Drury) es una especie fitófaga presente en Panamá (Smithsonian Tropical Research Institute, 2024) con un reporte de más de 30 plantas hospederas y considerada importante en diversas regiones de Suramérica (Dellapé et al., 2024), incluyendo el tomate donde tiene relevancia debido a los daños que produce en hojas y frutos (Alarcón y Cazorla, 2022).

La polilla blanca *Estigmene acrea* (Drury) presenta estadios larvales que dañan las hojas del tomate dejándolas completamente defoliadas, con reportes en tomate en Panamá (Corro, 2021). La especie tiene reporte como polífaga en diversos cultivos en América, incluyendo el tomate, cuyo establecimiento requiere aspectos variables y asociados a temperatura, precipitaciones y vegetación como en otras latitudes donde la especie se encuentra distribuida (Capinera, 2001), elementos que potencialmente han logrado que se establezca la población en Tonosi, pero para demostrarlo se requieren estudios con una mayor frecuencia de meses y en algunos casos años, no en muestreos puntuales como el presente estudio.

Durante el presente estudio fueron colectados artrópodos depredadores tales como crisopas, coccinélidos y arañas asociadas al control biológico natural estadios inmaduros y adultos de mosca blanca (Carreiro, 1994; Vázquez et al., 2007). El coccinélido *C. sexmaculata* (Figura 3) tiene reportes depredando ninfas, pupas y adultos de *B. tabaci* en estudios asociados a berenjena (*Solanum melongena* L.) desarrollados en India (Kumar et al., 2023), es una especie cuyos estadios adulto y larvales ejercen una alta tasa de depredación con registros por ejemplo del instar IV de larvas un consumo de hasta 77 áfidos (*Aphis* spp.) (Hemiptera; Aphididae) por día (Aguilar-Menacho et al., 2024).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 3. *Cheilomenes sexmaculata* F. (Coleoptera: Coccinellidae) en cultivo de tomate en Los Santos, Panamá. Dorsal (a) y ventral (b).**

Las crisopas (Figura 4) han sido reportadas depredando huevos de *B. tabaci* en cultivo de tomate en estudios desarrollados en Argentina (Ortega et al., 2017). Es conocido el caso de tasas de depredación del género *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) que reporta una tasa de consumo de hasta 258 ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en cítricos en México (Palomares-Pérez et al., 2016).



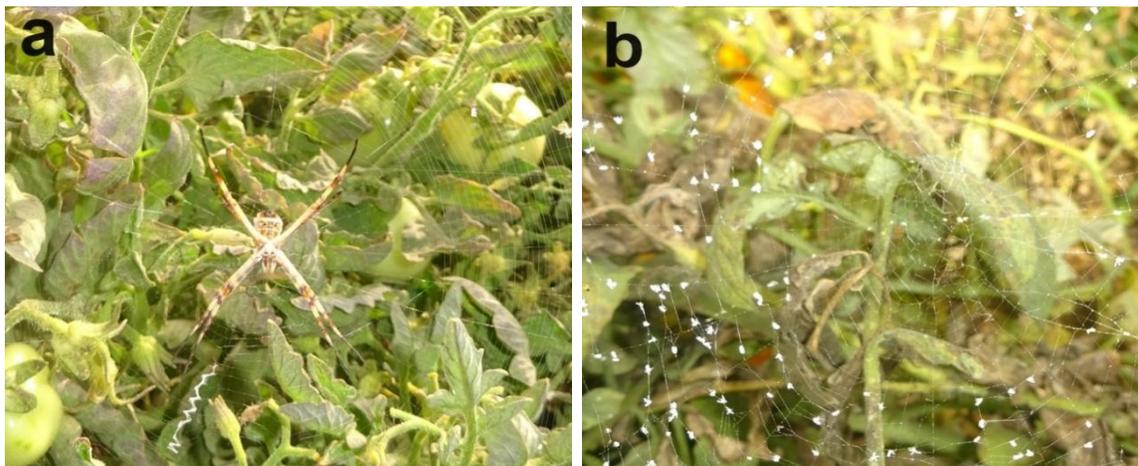
**Figura 4. Huevos de crisopas en cultivo de tomate en Los Santos, Panamá.**

Existen evidencias del impacto de las arañas, como el caso de *Argiope* sp. (Figura 5), por consumo de manera directa y por captura en las telarañas de adultos de *B. tabaci* en estudios realizados en España (Rodríguez et al., 2018). Existen evidencias de que el género *Argiope* es depredador generalista, con potencial de depredar especies de diversos órdenes considerados plagas (Velásquez Escalante et al., 2016). En Panamá el género había sido



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

reportado en diversos agroecosistemas incluyendo cebolla y plátanos en la provincia de Chiriquí (Collantes et al., 2021). Los reportes indican que el género puede capturar en sus telarañas especies de los órdenes de Diptera, Odonata, Lepidoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Orthoptera y Hemiptera, especímenes que si no logran escapar la telaraña terminarían muertos o depredados en todo caso por la araña (Velásquez et al., 2016).



**Figura 5. Telarañas de *Argiope* sp. en cultivo de tomate en Los Santos, Panamá. Telaraña con araña (a) y telaraña con moscas blancas capturadas (b).**

### CONCLUSIONES

- Las principales plagas de tomate registradas durante el muestreo, independientemente de la variedad e híbridos fue la mosca blanca y el minador de la hoja.
- El estudio marca la necesidad de evaluar la dinámica poblacional en frecuencia de tiempo para conocer la existencia de complejos de géneros como *Liriomyza* y biotipos de *B. tabaci* que no se establecen por muestreos puntuales.
- Se establece la necesidad de estudios regionales para determinar la tasa de depredación de coccinélidos, crisopas y arañas por períodos del año dentro de los agroecosistemas de tomate con el fin de determinar el aporte de estos depredadores al manejo integrado de plagas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## REFERENCIAS

- Aguilar-Menacho, E. E., Paucar-Amado, D. S., & Vilca-Mallqui, K. S. (2024). Aspectos biológicos y capacidad predadora de *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Aphididae). *Revista Chilena de Entomología* (2024), 50 (2), 115-125. [https://www.insectachile.cl/rchen/pdfs/2024v50-2/Aguilar-Menacho\\_et\\_al\\_2024.pdf](https://www.insectachile.cl/rchen/pdfs/2024v50-2/Aguilar-Menacho_et_al_2024.pdf)
- Al Ansi, A., Alkhalaf, A. A., Fadl, H., Rasool, I., & Al Dhafer, H. (2020). An annotated checklist of Coccinellidae (Insecta, Coleoptera) with eight new records from the Kingdom of Saudi Arabia. *ZooKeys*, 1006, 35-89. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1006.59123>
- Alarcón, M., & Carzola, D. (2022). Descripción de casos teratológicos en dos especies de Coreidae (Hemiptera: Heteroptera) de la región Andina de Venezuela. *Revista Nicaraguense de Entomología*, 281, 40 p. <http://www.bio-nica.info/RevNicaEntomo/281-Anomalias-Coreidae-Venezuela.pdf>
- Baig, M. M., Dubeym A. K., & Ramamurthy, V. V. (2015). Biology and morphology of life stages of three species of whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) from India. *The Pan-Pacific Entomologist*, 91(2), 168-183. <https://doi.org/10.3956/2015-91.2.168>
- Brooks, S. J. (1994). A taxonomic review of the common green lacewing genus *Chrysoperla* (Neuroptera: Chrysoperla). *Bull. Br. nat. Hist. (Ent.)*, 63(2), 137-210. [https://lacewing.tamu.edu/neuropterida/neur\\_bibliography/edoc12/brooks1994ref7592s-13768.pdf](https://lacewing.tamu.edu/neuropterida/neur_bibliography/edoc12/brooks1994ref7592s-13768.pdf)
- Borges Álvarez, A., & Marreno Artabe, L. (2012). Clave ilustrada de *Estigmene acrea* (Lepidoptera: Arctiidae): notas de su etología en el cultivo de la soya (*Glycine max*). *Fitosanidad*, 16(3), 125-127. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209126907001.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Capinera, J. (2001). *Estigmene acrea* (Drury) (Insecta: Lepidoptera: Erebidiae: Arctiinae). Featured Creatures. Entomology & Nematology. UF / IFAS. University of Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN375>
- Carreiro, R. (1994). Análisis del complejo de enemigos naturales de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. [Tesis de Maestro en Ciencias con especialización en Entomología General, Universidad de Panamá]. [https://up-rid.up.ac.pa/3016/3/rossana\\_carreiro.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/3016/3/rossana_carreiro.pdf)
- Collantes, R. D., Pittí Caballero, J. E., Santos Murgas, A., y Jerkovic, M. (2021). El género *Argiope* (Araneae: Araneidae) en la Provincia de Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 14(2), 190-200. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8460592>
- Corro Chang, P. E. (2021). Sinopsis de la Tribu Gnorimoschemini (Lepidoptera: Gelechiidae), con especial enfoque a la fauna de América central y región norte de sudamérica. [Tesis de Doctor en Ciencias con énfasis en Entomología, Universidad de Panamá]. [https://up-rid.up.ac.pa/3861/1/patricia\\_corro.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/3861/1/patricia_corro.pdf)
- Coscarón, M. C. & Pall, J. L. (2015). The Tribe Anisoscelini (Hemiptera: Heteroptera, Coreidae) in Argentina. *Zootaxa*, 4033(3), 411-426. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4033.3.6>
- Dellapé, P. M., Melo, M. C., Dellapé, G. & Olivera, L. (2024). Pentatomomorpha (Hemiptera: Heteroptera) species from Argentina and Uruguay. <https://biodar.unlp.edu.ar/pentatomomorpha/index-es.html>
- Dirección General de Sanidad Vegetal – Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. (2021). Minador de la hoja de frijol *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). SaderSenasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha técnica. Tecámac, Estado de México, 27 p.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635232/Minador\\_de\\_la\\_hoja\\_del\\_frijol.PDF](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635232/Minador_de_la_hoja_del_frijol.PDF)

Dubatolov, V. V. (2006). New genera and species of Arctiinae from the Afrotropical fauna (Lepidoptera: Arctiidae). *Nachr. entomol. Ver. Apollo, N. F.*, 27(3), 139-152  
[https://www.zobodat.at/pdf/NEVA\\_27\\_0139-0152.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/NEVA_27_0139-0152.pdf)

Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Plant Protection Convention. (2016). DP 16: Genus *Liriomyza*. Diagnostic Protocols. International Standard for phytosanitary measures 27.  
[https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2017/01/DP\\_16\\_2016\\_En\\_2017-01-30.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2017/01/DP_16_2016_En_2017-01-30.pdf)

Fauske, G. M. (2004). Identification key to the Arctiidae occurring in the Dakotas  
<https://www.ndsu.edu/ndmoths/ndmoths/howto.htm>

Guerra Murillo, J. Á., Villarreal Núñez, J. E., Herrera Vásquez, J. Á., Aguilera, V., y Osorio B., O. (2016). Manual técnico. Manejo integrado del cultivo de tomate industrial. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. 59 p.  
<http://www.idiap.gob.pa/download/manual-tecnico-manejo-integrado-del-cultivo-de-tomate-industrial/?wpdmdl=3309>

Herrera-Vásquez, J. A., Ortega, D., Romero, A. B., Davino, S., Mejía, L. C., Panno, S., & Davino, M. (2016). Begomoviruses infecting tomato crops in Panama. *Journal of Phytopathology*, 164, 102-113. <https://doi.org/10.1111/jph.12436>

Herrera Vásquez, J. Á., Jaén Sanjur, J. N., Zachrisson Salamina, B. A., Rubio Miguélez, L., Barba Alvarado, A. A., Aguilera Cogley, V. A., Atencio Valdespino, R., Galipienso Torregrosa, L. y Mejía Franco, L. C. (2022). Ocurrencia y distribución de *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos de tomate en Panamá. *Acta Agronómica*, 71(1), 96-105.  
<https://doi.org/10.15446/acag.v71n1.96974>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Him, P., de Gutiérrez, G., García, N., & Castillo, A. (2004). Nueva alternativa para la producción industrial de tomate. IDIAP-T-7. Azuero, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (16), 121.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/425>

Jaén-Sanjur, J., & Herrera-Vásquez, J. (2018). Begomovirus que infectan tomate en la provincia de Los Santos, Panamá: situación actual y manejo. *Ciencia Agropecuaria*, (29), 140-153. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/160>

Johnson, N., & Triplehorn, C. A. (2004). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7th ed. Florence, KY: Brooks/Cole.

Jones, J. B., Zitter, T. A., Momol, T. M., & Miller, S. A. (2016). Compendium of Tomato Diseases and Pests, Second Edition. <https://doi.org/10.1094/9780890544341>

Kerr, A. M. (2018). Illustrated field guide to the Argiope spiders (Araneidae) of the western Pacific islands, including a bibliography of web-decorating behaviour in orb-weaving spiders. University of Guam Marine Laboratory Technical Report 164 [https://www.uog.edu/resources/files/ml/technical\\_reports/UOGML\\_TechRep164\\_Kerr\\_2018.pdf](https://www.uog.edu/resources/files/ml/technical_reports/UOGML_TechRep164_Kerr_2018.pdf)

Kumar, R., Suroshe, S., Venkanna, &, Keerthi, M. C., Kumar, A., & Chander, S. (2023). Feeding potential and foraging behaviour of *Cheilomenes sexmaculata* (F.) against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). *International Journal of Tropical Insect Science*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3291520/v1>

Lezcano, J., Saavedra, N., y Serrano, C. (2005). Susceptibilidad de la mosquita minadora *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) a cuatro insecticidas comerciales en Volcancito, Boquete, Panamá. 2002. *Ciencia Agropecuaria*, (18), 104-112.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/408>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2023). Cierre Agrícola. Año Agrícola 2022-2023. Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. Programas Agrícolas. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2023/09/Cierre-Agricola-2022-2023.pdf?csrt=6436099449304115878>

Ortega, E. S., Veggiani-Aybar, C., Ávila, A. L., & Reguilón, C. (2017). New records of predation on eggs of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) by chrysopodes (Chrysopodes) Lineafrons (Neuroptera: Chrysopidae) in northwestern Argentina. *Rev. Intropica*, 12(2), 101-108. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6769198>

Palomares-Pérez, M., Ayala-Zermeño, M. A., Rodríguez-Vélez, B., de la Cruz-Llanas, J. de J., Sánchez-González, J. A., Arredondo-Bernal, H. C., y Córdoba-Urtiz, E. G. (2016). Abundancia y depredación de *Ceraeochrysa valida* (Neuroptera: Chrysopidae) sobre *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Colima, México. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(3), 234-243. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016005000008>

Patel, C., Srivastava, R. M., & Samraj, J. M. (2022). Comparative Study of Morphology and Developmental Biology of Two Agriculturally Important Whitefly Species *Bemisia tabaci* (Asia II 5) and *Trialeurodes vaporariorum* from North-Western Himalayan Region of India. *Braz. arch. biol. Technol*, 65, e22210034. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210034>

Ramírez, J., González, G., & Sánchez, Y. (2017). First record of *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Coccinellidae) from Colombia. *Check List*, 14(1), 77-80. <https://doi.org/10.15560/14.1.77>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Reitz, S. R., & Trumble, J. T. (2002). Interspecific and intraspecific differences in two *Liriomyza* leafminer species in California. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 102, 101–113.

<https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/11884/INTERSPECIFIC%20AND%20INTRASPECIFIC.pdf>

Rodríguez, E., González, M., Cotes, B., Benítez, E., Campos, M., & de Mas, E. (2018). Estudio de Diversidad en la Horticultura Protegida: Arañas y Control Biológico (II)./– Almería. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2018. – 1-13 p. Formato digital (e-book) – (Área de Protección Vegetal Sostenible).

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/bf8b3432-7fe4-44e4-8e53-4a41400f635c>

Smithsonian Tropical Research Institute. (2024). *Phthiacnemia picta* (Drury, 1773).

<https://panamabiota.org/stri/taxa/index.php?taxon=182902>

Spencer, K. A. (1989). Leaf miners. In Plant Protection and Quarantine. Selected Pests and Pathogens of Quarantine Significance (ed. Kahn RP). CRC Press, Boca Raton, pp. 77-98.

Valencia Luna, L. A., Romero Nápoles, J., Valdez Carrasco, J., Carrillo Sánchez, J. L., y López Martínez, V. (2006). Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta zoológica mexicana*, 22(1), 17-61.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372006000100003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372006000100003&lng=es&tlng=es)

Vázquez, L., Murguido, C., Elizondo, A. Elósegui, O., y Morales, F. J. (2007). Control biológico de la mosca blanca *Bemisia tabaci*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV) / Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) / Department of International Development (DFID).

<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REH10C397c.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Velásquez Escalante, R., Cornejo-Escobar, P., & Saenz, R. (2016). Biología y ecología de la araña plateada *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Araneidae) en un sector xerófilo del noreste de la Península de Araya, Venezuela. *Saber*, 28(3), 471-479. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-01622016000300004&script=sci\\_abstract](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-01622016000300004&script=sci_abstract)

Wang, C., Gan, J., & Mi, X. (2021) On four species of the genus *Argiope* Audouin, 1826 (Araneae, Araneidae) from China. *ZooKeys* 1019, 15-34. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1019.59521>

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Doctor Arnulfo Gutiérrez, Doctor Ismael Camargo e Ingeniero José Guerra en el IDIAP por motivar el desarrollo y producción del rubro tomate en Panamá. Se agradece a los productores de tomate de la provincia de Los Santos por su aporte a la seguridad alimentaria en Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ***Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), AFECTANDO CULTIVOS DE LECHUGA EN CERRO PUNTA<sup>1</sup>**

**Rubén D. Collantes G.<sup>2</sup>; Javier E. Pittí C.<sup>3</sup>; Jahzeel Samaniego<sup>4</sup>; Jorge Muñoz<sup>5</sup>**

### **RESUMEN**

La lechuga (*Lactuca sativa* L., 1753), es una hortaliza de hoja ampliamente cultivada en las Tierras Altas de Chiriquí; sin embargo, es susceptible de ser afectada por diversas plagas que se alimentan del follaje y cuya presencia compromete su posible comercialización en determinados mercados. Recientemente se recibieron reportes de larvas alimentándose del follaje de esta hortaliza en Cerro Punta, lo cual se confirmó en campo que ascendían hasta un 70% de presencia, por lo que el objetivo del trabajo fue identificar la especie de insecto relacionada con dichas afectaciones. Para ello, se realizaron dos muestreos sistemáticos en parcelas de productores (30 puntos por muestreo), se recolectaron las larvas y los especímenes adultos encontrados, para su análisis en el laboratorio, consultándose literatura especializada para la identificación. De acuerdo con los resultados, la especie de larva corresponde a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), conocida comúnmente como cogollero del maíz; el adulto encontrado también es de *S. frugiperda*, coincidiendo caracteres morfológicos descritos para la especie como la venación del ala anterior. Este insecto es polífago y puede afectar una amplia diversidad de cultivos. La polilla es de amplia distribución en el continente americano y objeto de múltiples medidas de control. Además de la identificación, se ilustran aspectos biológicos y recomendaciones de manejo integrado de la plaga (MIP), considerando el control cultural, control biológico, control etológico y el control químico.

**Palabras clave:** Cogollero, hortalizas, identificación, plaga, Tierras Altas.

---

<sup>1</sup>Recepción: 15 de abril de 2024. Aceptación: 09 de julio de 2025. Proyecto del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP): Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas.

<sup>2</sup>IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Chiriquí (CIA Chiriquí). Ph. D. Agricultura Sustentable. e-mail: [rdcg31@hotmail.com](mailto:rdcg31@hotmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

<sup>3</sup>IDIAP, CIA Chiriquí. Ph. D. Biología de Organismos. e-mail: [pittjavier28@hotmail.com](mailto:pittjavier28@hotmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

<sup>4</sup>IDIAP, CIA Chiriquí. Licenciado en Biología. e-mail: [samaniegojahzeel@gmail.com](mailto:samaniegojahzeel@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-2524-950X>

<sup>5</sup>IDIAP, CIA Chiriquí. Agrónomo. e-mail: [jorgemunoz1856@gmail.com](mailto:jorgemunoz1856@gmail.com); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9352-9311>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## ***Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), AFFECTING LETTUCE CROPS IN CERRO PUNTA**

### **ABSTRACT**

Lettuce (*Lactuca sativa* L., 1753) is a leafy vegetable widely cultivated in Tierras Altas, Chiriquí; however, it is susceptible to being affected by various pests that feed on the foliage and whose presence compromises its possible commercialization in certain markets. Recently, reports of larvae feeding on the foliage of this vegetable in Cerro Punta were received, which was confirmed in the field that amounted to up to 70% presence, so the aim of the study was to identify the insect species related to these effects. To do this, two systematic samplings were carried out in farmers' plots (30 points per sampling), larvae and adult specimens that were found were also collected, to be analyzed in the laboratory, consulting specialized literature for identification. According to the results, the larva species corresponds to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), commonly known as fall armyworm; The adult found is also from *S. frugiperda*, coinciding with morphological characters described for the species such as the venation of the forewing. This insect is polyphagous and can affect a wide diversity of crops. The moth is widely distributed on the American continent and is the subject of multiple control measures. In addition to identification, biological aspects and recommendations for integrated pest management (IPM) are illustrated, considering cultural control, biological control, ethological control and chemical control.

**Keywords:** Fall armyworm, identification, pest, Tierras Altas, vegetables.

### **INTRODUCCIÓN**

La lechuga (*Lactuca sativa* L., 1753), es un cultivo de hoja muy apreciado por los consumidores, debido a los aportes en minerales, vitaminas y otros componentes como parte de una dieta balanceada (Valdivia & Almanza, 2016). Debido a la creciente demanda por parte de las personas, en Panamá se aplican diversas agrotecnologías para optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales como el suelo y el agua frente al escenario del cambio climático, tales como sistemas hidropónicos, acolchado, producción orgánica, casas de vegetación, agricultura vertical, entre otros; de acuerdo con información publicada por el Instituto de Mercadeo Agropecuario (2020).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En Chiriquí, se investigó sobre enemigos naturales (González-Dufau, 1991) y control químico de *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) (Morales, 1995), así como el periodo crítico de competencia entre lechuga y malezas (Sánchez et al., 1998). Actualmente, el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), cuenta con el Proyecto de Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas (IDIAP, 2022a).

Si bien entre las especies insectiles que afectan diversos cultivos de hortalizas en Cerro Punta destaca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), conocido como gusano cortador (Lezcano et al., 2004); en la misma familia también se tienen especies como *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), con más de 180 hospedantes reportados, situados en familias como Poaceae, Fabaceae, Solanaceae, Asteraceae, Rosaceae y Chenopodiaceae, por citar algunas (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [SENASICA], 2021).

En cultivos como el arroz, se estudió la dinámica poblacional de *S. frugiperda*, encontrándose que, a una temperatura promedio de 24,8° C, las infestaciones ocurren principalmente desde el estado de plántula hasta los 30 días de cultivo (77,5% del total de larvas encontradas) y un segundo grupo puede afectar durante la etapa reproductiva (Serracín, 2002). Se investigó el efecto de reguladores de crecimiento, que provocan síntomas como dificultad para mudar, suspensión de la ingesta y pérdida de hemolinfa (Marmos, 1990); además de estudiarse enemigos naturales, destacando el género *Apanteles* (Hymenoptera: Braconidae) (Dediego, 1991).

Se recibieron reportes de larvas alimentándose en hojas de lechuga en Cerro Punta, con hasta un 70% de presencia en campo en una parcela de 3000 m<sup>2</sup> (C. Ledezma, comunicación personal, 12 de abril de 2024), lo cual pudo ser confirmado (Figura 1). El objetivo del estudio fue identificar el insecto relacionado con dicho daño.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 1. Lechuga afectada en Las Nubes, Cerro Punta: A) Larva; B) Muestreo.**

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Las Nubes, corregimiento de Cerro Punta, Tierras Altas, Chiriquí, Panamá ( $8^{\circ}52'25,5''$  N,  $82^{\circ}35'42,7''$  O). Se hicieron dos muestreos sistemáticos al azar en parcelas de productores, escogiéndose 30 puntos de muestreo por parcela y recolectándose manualmente las larvas y adultos encontrados. Las larvas se depositaron por separado en viales de vidrio con tapa rosca, para evitar canibalismo entre las mismas (Marri et al., 2023).

Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de la Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta para su análisis. En el caso de las larvas, se colocaron en agua hirviendo por algunos minutos, para revisarlas con ayuda de un estereoscopio, a fin de observar caracteres morfológicos de diagnóstico como suturas y pináculos; para finalmente ser preservadas en etanol al 70% y rotuladas con estilógrafo indeleble, incluyéndose los detalles de colecta y la identificación (Collantes et al., 2022).

El espécimen adulto se colocó en una cámara letal hasta su expiración, para proceder con la disección y desescamado de alas y genitalia. Para la identificación correcta



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

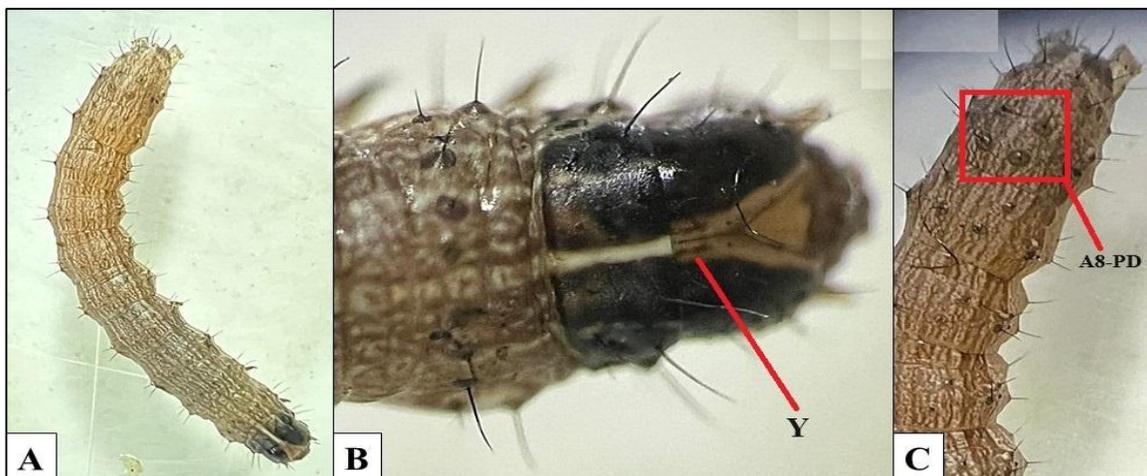
de las larvas y del adulto recolectados, se revisó literatura especializada, en la que se detallan los principales caracteres morfológicos de diagnóstico, incluyendo para el caso de los adultos la venación alar y la genitalia (Caballero et al., 1994; Babu et al., 2019; Nagoshi et al., 2020); además de considerar la vegetación aledaña al cultivo.

## RESULTADOS

La especie de larva corresponde a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), conocida como cogollero del maíz (Cuadro 1); siendo caracteres morfológicos importantes los presentados en la Figura 2, los que coinciden con Babu et al. (2019). El único adulto macho encontrado en el sitio de estudio también posee caracteres que corresponden a *S. frugiperda* (Figura 3), similar a lo descrito por Straten et al. (2015); Nagoshi et al. (2020); North American Moth Photographers Group (2024).

**Cuadro 1. Especímenes de *Spodoptera frugiperda* colectados en Cerro Punta, Chiriquí.**

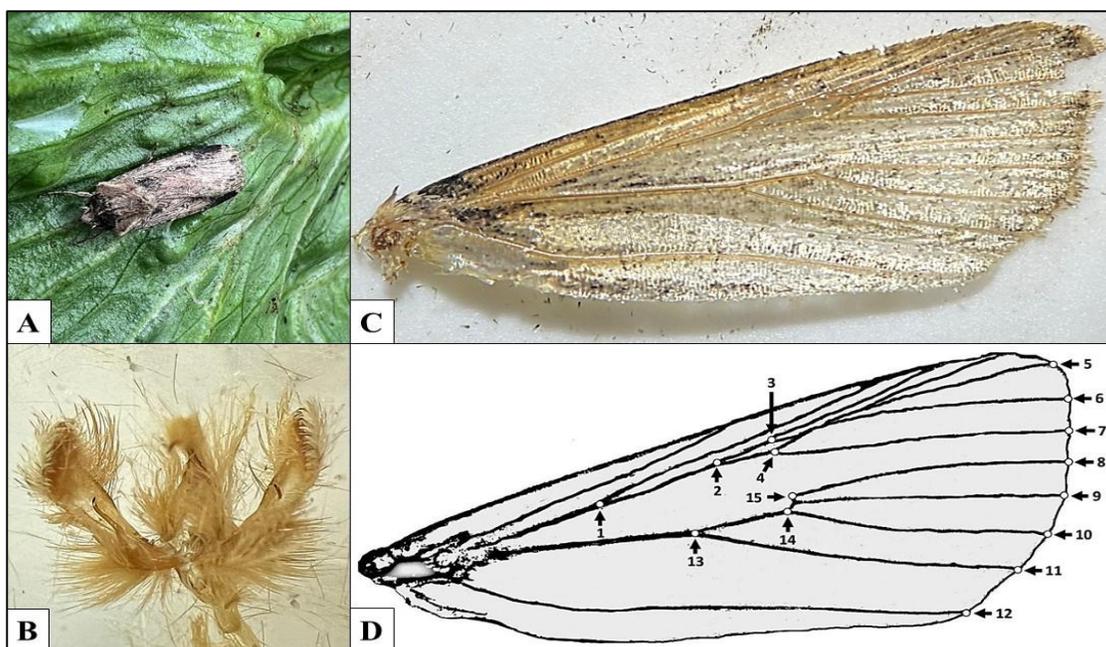
N° de Muestreo	Larvas	Adultos
1	21	0
2	5	1
<b>Total</b>	26	1



**Figura 2. Larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797): A) Hábito; B) “Y” invertida en la cabeza; C) Pináculos dorsales del 8vo segmento abdominal (A8-PD), formando un cuadrado.**



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**Figura 3. Adulto macho de *S. frugiperda*: A) Hábito; B) Genitalia; C) A la anterior sin escamas; D) Venación del ala anterior, adaptado de Nagoshi et al. (2020).**

## DISCUSIÓN

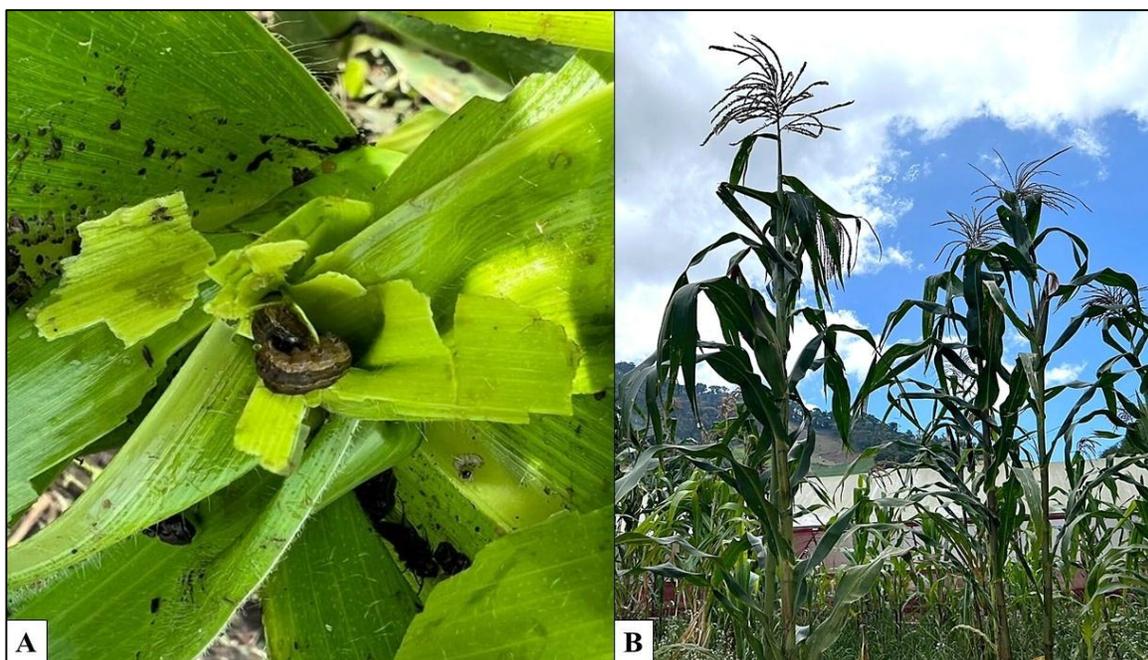
Se refirió como especies del género *Spodoptera* que afectan al cultivo de lechuga a *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) y *Spodoptera latifascia* (Walker, 1856) según Corro (2021), las cuales están presentes en Panamá al igual que *S. frugiperda*, pero amerita continuar estudiando la distribución de las mismas en el país. Algunos trabajos sobre *S. frugiperda* realizados en Panamá, abordan temáticas de interés, como el efecto de reguladores de crecimiento (Marmos, 1990), control biológico natural (Dediego, 1991) y dinámica poblacional de la plaga (Serracín, 2002). Recientemente, se ha realizado investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), orientada al control biológico mediante la utilización de insectos parasitoides oófagos (IDIAP, 2022b).

En cuanto a la identificación de adultos, la venación del ala (Figura 3D), concuerda con lo ilustrado por Nagoshi et al. (2020) para *S. frugiperda* y difiere del esquema presentado por Muddasar & Venkateshalu (2017), para *S. exigua*; siendo este, además, un carácter de diagnóstico confiable en este grupo de insectos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La posible explicación de que *S. frugiperda* se encontrará afectando cultivos de lechuga en Cerro Punta, podría deberse a que en esta región del país se siembra maíz como parte de la rotación de cultivos en algunas parcelas (Figura 4A). Sumado a esto, en el sitio de estudio se encontró dicho cultivo al margen de las parcelas de lechuga (Figura 4B), lo que daría oportunidad a las larvas de *S. frugiperda* de adecuarse a la oferta de alimento disponible cuando su hospedante principal está ausente.



**Figura 4. Maíz en Cerro Punta: A) *S. frugiperda* alimentándose del cogollo; B) Maíz sembrado en el margen de la parcela de lechuga afectada por *S. frugiperda*.**

Considerando que, se encontró en una de las parcelas hasta un 70% de presencia de larvas alimentándose de las hojas y, dado que la gran mayoría de comercios mantienen cero tolerancias a la presencia de insectos, las pérdidas causadas por dicha plaga pudiesen ascender a dicho valor porcentual. También es necesario tomar en cuenta la condición polífaga de *S. frugiperda*, según lo indicado por SENASICA (2021). Sumado a esto, se estima que el cambio climático agravará las afectaciones por plagas en los cultivos, las cuales en la actualidad ascienden hasta un 40% (Naciones Unidas, 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En cuanto a las alternativas de manejo integrado (MIP), que se podrían implementar para hacer frente a la plaga, considerando los aportes del Insecticide Resistance Action Committee (2021) y SENASICA (2021), se tiene lo siguiente:

- **Monitoreo y muestreo:** Los primeros 30 días de establecimiento del cultivo son vitales para proteger al mismo de posibles afectaciones por plagas. Se deben realizar muestreos aleatorios y representativos en campo, recomendándose la observación de por lo menos 50 plantas. Si se detectan masas de huevos en el 5% de las plantas revisadas o si se detecta presencia de larvas en un 10% de las mismas, es el momento para implementar alguna medida de control.
- **Control etológico:** Las trampas con feromona también pueden ayudar a controlar afectaciones en campo, pudiendo utilizarse tipo delta, de cono y de garrafa; siendo estas últimas de fabricación artesanal con buenos resultados.
- **Control biológico:** Posiblemente los enemigos naturales más conocidos son los parasitoides de huevos de los géneros *Trichogramma* Westwood, 1833 y *Telenomus* Haliday, 1833 (Hymenoptera), siendo *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Trichogrammatidae), especie encontrada ejerciendo parasitismo natural moderado sobre *S. frugiperda* en arrozales al este de Panamá (Zachrisson, 2009). En Cerro Punta se han identificado especies depredadoras del género *Zelus* Fabricus, 1803 (Hemiptera: Reduviidae) (Collantes et al., 2023) (Figura 5), que pueden ejercer control natural sobre diversas plagas como *S. frugiperda*, así como algunos Hemiptera, Coleoptera y Diptera.
- **Control microbiológico:** Los nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis* Poinar, 1976 tienen potencial como agentes de control biológico de *S. frugiperda* (Molina, 2007); por lo cual han sido investigados con interés en otros agroecosistemas en Panamá (Candanedo-Lay et al., 2020) y sobre los cuales se está desarrollando un proyecto de microencapsulación para su aplicación en cultivos de hortalizas en Tierras Altas, Chiriquí (IDIAP, 2022c).
- **Control cultural:** Mediante una buena preparación de terreno, la eliminación manual de malezas y la rotación de cultivos, se puede reducir en cierta medida la presencia de la plaga en campo y sus posibles afectaciones.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- **Control químico:** Es la última medida a considerar y siempre se recomienda ejecutarla bajo el asesoramiento de un profesional idóneo. Entre los ingredientes activos que han demostrado eficacia para el control de la plaga, se tienen indoxacarb, flubendiamida y spinosad; siendo recomendable aplicar la rotación de ingredientes activos y modos de acción de los plaguicidas.



**Figura 5. Adulto de *Zelus longipes* (L., 1767) en Cerro Punta.**

### CONCLUSIÓN

- La larva de Lepidoptera que se encontró afectando los cultivos de lechuga en Cerro Punta, así como el espécimen adulto, corresponden a *Spodoptera frugiperda*, especie de amplia distribución en el Continente Americano, con más de 180 plantas hospedantes y que puede representar una amenaza para los productores, por lo que debe implementarse un plan de Manejo Integrado de Plagas apropiado.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## RECOMENDACIÓN

- Mantener la vigilancia en cuanto a las plagas que pueden afectar a la lechuga y otras hortalizas en Tierras Altas. Dar continuidad al estudio, en especial en lo concerniente a la crianza y recuperación de Lepidoptera adultos y posibles parasitoides con potencial de aportar al control biológico natural de dichos insectos.

## REFERENCIAS

- Babu, S. R., Kalyan, R. K., Joshi, S., Balai, C. M., Mahla, M. K., & Rokadia, P. (2019). Report of an exotic invasive pest the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) on maize in Southern Rajasthan. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(3), 1296-1300.  
<https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartV/7-3-42-160.pdf>
- Caballero, R., Habeck, D., & Andrews, K. (1994). Clave ilustrada para larvas de Noctuidos de importancia económica de El Salvador, Honduras y Nicaragua. *CEIBA*, 35(2), 225-237.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/90119307-a081-4849-b3ab-56d6e5375c83/content>
- Candanedo-Lay, E., Aranda-Caballero, G., Cabezón-Puchicama, A., & Reina-Peña, L. (2020). Bioprospección y conservación de cepas nativas del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (30), 139-149.  
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/133>
- Collantes, R., Santos, A., Pittí, J., Atencio, R., Barba, A. & Cardona, J. (2022). Larvas urticantes (Lepidoptera) asociadas con cultivos hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Manglar*, 19(2), 161-166. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.020>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Collantes, R., Santos-Murgas, A., Pittí, J., Atencio, R., & Jerkovic, M. (2023). Vegetación asociada al género *Zelus* Fabricius, 1803 (Hemiptera: Reduviidae) en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (36), 24-36.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/603>

Corro, P. (2021). *Sinopsis de la tribu Gnorimoschemini (Lepidoptera: Gelechiidae), con especial enfoque a la fauna de América Central y región norte de Sudamérica*. [Tesis Doctoral, Universidad de Panamá, Panamá].

[https://up-rid.up.ac.pa/3861/1/patricia\\_corro.pdf](https://up-rid.up.ac.pa/3861/1/patricia_corro.pdf)

Dediego, S. (1991). *Fauna entomológica benéfica y otras especies en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. [Tesis de Maestría, Universidad de Panamá]. 76 p.

<http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/3017>

González-Dufau, G. (1991). Contribución al conocimiento de los enemigos naturales de (*Liriomyza* spp.) encontrados en Cerro Punta y Boquete. 1990. *Ciencia Agropecuaria*, (7), 59-64.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/499>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022a). *Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas*. Iniciativas y Proyectos. República de Panamá, Gobierno Nacional.

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/alternativas-tecnologias-biocontrol-hortalizas/es>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022b). *Control biológico de Spodoptera frugiperda (Noctuidae) y Oebalus insularis (Pentatomidae) en arroz, utilizando parasitoides oófagos*. Iniciativas y Proyectos. República de Panamá, Gobierno Nacional.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/control-biologico-spodoptera-frugiperda-oebalus-insularis-arroz-oofagos/es>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022c). *Microencapsulación de microorganismos para el control de plagas en hortalizas de Tierras Altas, Chiriquí*. Iniciativas y Proyectos. República de Panamá, Gobierno Nacional.

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/microorganismos-hortalizas/es>

Instituto de Mercadeo Agropecuario. (2020). *Catálogo de Rubros Cultivados en Panamá*. República de Panamá, Gobierno Nacional.

<https://ima.gob.pa/wp-content/uploads/2025/04/CATALOGO-RUBROS-2020-.pdf>

Insecticide Resistance Action Committee. (2021). *Integrated Pest Management (IPM) & Insect Resistance Management (IRM) for Fall Armyworm in South African Maize*.

Document Edition 2.0. <https://irac-online.org/documents/ipm-irm-for-fall-armyworm-in-s-african-maize/>

Lezcano, J., Bernal, J., & Hurtado, M. (2004). Eficacia biológica de insecticidas sobre larvas de gusanos cortadores *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) en papa (*Solanum tuberosum*) en Cerro Punta, Bugaba. 2003. *Ciencia Agropecuaria*, (16), 97-108.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/228>

Marmos, E. (1990). *Efecto de tres reguladores del crecimiento en larvas de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) y de Spodoptera latifascia (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae)*. [Tesis de Maestría, Universidad de Panamá]. 176 p.

[http://up-rid.up.ac.pa/3048/1/elisa\\_marmos.pdf](http://up-rid.up.ac.pa/3048/1/elisa_marmos.pdf)

Marri, D., Mensah, S. A., Kotey, D. A., Abraham, J., Billah, M. K., & Osae, M. (2023). Basic Developmental Characteristics of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), Reared under Laboratory Conditions. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2023, 6917316. <https://doi.org/10.1155/2023/6917316>

Molina, C. (2007). *Patogeneidad de nematodos del género Rhabditis y Heterorhabditis como posibles agentes de control biológico de larvas de Lepidópteros*. [Tesis de Pregrado, Universidad Zamorano, Honduras].  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2985fd67-27b1-4049-84cd-cf844ca936c4/content>

Morales, R. (1995). Evaluación de insecticidas para el control de la mosquita minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) en el cultivo de lechuga. *Ciencia Agropecuaria*, (8), 33-42.  
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/469>

North American Moth Photographers Group. (2024). *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) - *Fall Armyworm*. Mississippi Entomological Museum, Mississippi State University, US.  
<https://mothphotographersgroup.msstate.edu/genitalia.php?hodges=9666>

Muddasar, & Venkateshalu. (2017). Taxonomic description of the genus *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) from Karnataka. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5), 1854-1858.  
[https://www.researchgate.net/publication/333652113\\_Taxonomic\\_description\\_of\\_the\\_genus\\_Spodoptera\\_Lepidoptera\\_Noctuidae\\_from\\_Karnataka](https://www.researchgate.net/publication/333652113_Taxonomic_description_of_the_genus_Spodoptera_Lepidoptera_Noctuidae_from_Karnataka)

Naciones Unidas. (2021). *El cambio climático aumentará el riesgo de propagación de plagas, que ya destruyen un 40% de la producción de cultivos*. Noticias ONU.  
<https://news.un.org/es/story/2021/06/1492762#:~:text=Los%20efectos%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico,ambiente%2C%20afirma%20un%20nuevo%20estudio>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nagoshi, K., Allan, S., & Meagher, R. (2020). Assessing the Use of Wing Morphometrics to Identify Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Host Strains in Field Collections. *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 800-807.

<https://doi.org/10.1093/jee/toz344>

Sánchez, E., Serrano, C., & Tomita, A. (1998). Determinación del período crítico de competencia entre el cultivo de la lechuga y malezas. *Ciencia Agropecuaria*, (9), 1-12.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/452>

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2021). Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Ficha Técnica. Dirección General de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, México.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano\\_cogollero\\_en\\_m\\_a\\_z\\_y\\_arroz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_m_a_z_y_arroz.pdf)

Serracín, R. (2002). *Análisis demográfico de Spodoptera frugiperda en una parcela de arroz de Panamá Este*. [Tesis de Maestría, Universidad de Panamá]. 79 p.

<http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/4623>

Straten, M. J. van der, Germain, J. – F., & Vossenbergh, B. T. L. H. van der. (2015). PM 7/124 (1) *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera litura*, *Spodoptera frugiperda*, *Spodoptera eridania*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 45(3).

<http://dx.doi.org/10.1111/epp.12258>

Valdivia, H., & Almanza, G. (2016). Evaluation of the effect of macronutrients from human urine as fertilizer in the grow of *Lactuca sativa*. *Revista Boliviana de Química*, 33(1), 20-26. [http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v33n1/v33n1\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v33n1/v33n1_a03.pdf)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Zachrisson, B. (2009). *Avances en el control biológico de plagas de arroz (Oryza sativa), por medio de parasitoides oofagos, en Panamá*. Boletín Técnico. Instituto de Investigación Agropecuarias de Panamá, Panamá.

<https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Zachrisson-2009-Biocontrol-of-rice-pests.pdf>

### AGRADECIMIENTO

A Carlos Ledezma, productor de Tierras Altas, por todo el apoyo brindado al equipo investigador para la realización del presente trabajo. Al equipo editorial de la Revista Ciencia Agropecuaria, así como a los revisores, por los aportes brindados para la mejora del presente documento.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los Comentarios al editor/a).
- El archivo de envío está en formato OpenOffice y Microsoft Word.
- Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones DOI o URL para las referencias.
- El texto tiene interlineado a espacio y medio; 11 puntos de tamaño de fuente arial; se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares del texto apropiados, en vez de al final.
- El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en las [Directrices del autor/a](#), que aparecen en Acerca de la revista.

#### A. NORMAS GENERALES

La revista Ciencia Agropecuaria publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de las ciencias agropecuarias.

Los escritos deben ser redactados en español y enviados vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa) (solicitar confirmación de lectura). La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con el editor principal de la revista. Deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector.

Los trabajos que ingresan a la revista son revisados, evaluados, que cumplan con el formato establecido (formato de revisión). Una vez ajustados al formato de la revista, son enviados a especialistas (revisión de pared) y con dos dictámenes positivos se acepta la incorporación del trabajo al índice en curso.

Aquellos trabajos que no se ajusten a las normas para autores y formato de revisión (disponibles en: <http://www.idiap.gob.pa/download/formato-de-revision/?wpdmdl=916>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos

presentados. Además, la revista provee acceso libre inmediato a su contenido en el principio de que hacer disponibles gratuitamente investigaciones al público apoya a un mayor intercambio de conocimiento global.

Los trabajos deben enviarse vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa) y su envío debe incluir carta de presentación del artículo, el documento, formato de revisión, declaración de inédito, aprobación de los autores y de las instituciones participantes mencionadas en el documento.

Todos los trabajos deben incluir título, autores, resumen y palabras claves, tal como se describen en el artículo.

Los trabajos deben ser preparados en el procesador de texto Microsoft Word, en letra arial, tamaño 11, a espacio y medio. Márgenes superior e inferior de 2,5 cm (1 pulgada) e izquierdo y derecho de 3,05 cm (1,2 pulgadas) y un máximo de 25 páginas.

Los nombres científicos deben ser escritos en cursiva, mayúscula inicial para el género y la especie en minúscula; para la familia se debe escribir en regular o normal (en Word) con mayúscula inicial. Las abreviaturas y signos redactados con base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), también llamado Sistema Internacional de Medidas, usado internacionalmente y basado en el sistema métrico decimal.

Los cuadros y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas) se presentan en secuencia lógica de acuerdo al texto. Adicional, deben aparecer en archivos aparte en original y las fotos en formato JPG o TIF. El tamaño de la fuente igual que el texto en negrita. Los cuadros y leyendas de las figuras deben ser enumerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

## **Citación**

La literatura citada se basa en la norma implementada por la Normas APA (7<sup>a</sup> ed.) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas.

Sánchez, C. (11 de diciembre de 2019). Actualizaciones en la 7ma (séptima) edición de las Normas APA. *Normas APA (7ma edición)*. <https://normas-apa.org/introduccion/actualizaciones-en-la-7ma-septima-edicion-de-las-normas-apa/>

## **Generalidades**

- Evitar el uso de referencias de datos no publicados, ya que no se encuentran con la disponibilidad para los lectores que deseen acceder a esas fuentes.
- Las referencias bibliográficas en el texto deben aparecer citadas en idioma español independiente del idioma de origen de la fuente.
- En la literatura cita las referencias deben redactarse de acuerdo con el idioma de origen de la misma.

- No se aceptan referencias bibliográficas que tengan más de diez años de antigüedad, a menos que sea indispensable o sea trabajos clásicos que mantienen su vigencia en el tiempo.
- Evitar más de tres citas para apoyar una idea o información.
- Las citas en el texto según APA la cita parentética menciona separando con una coma el apellido del primer autor del año; si son dos autores el apellido de cada autor va separado por “y”, finalmente cuando se trata de referencias con más de dos autores, se menciona el apellido del primer autor seguido de “et al.”.

Ejemplos:

Tipo de autor	Cita parentética	Cita narrativa
Un autor	(Fernández González, 2010)	Fernández González (2010)
Dos autores	(Echeita y Serrano, 2019)	Echeita y Serrano (2019)
Tres o más autores	(Blanco et al., 2019)	Blanco et al. (2019)
Autor corporativo o institucional con siglas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primera cita</li> <li>• Citas sucesivas</li> </ul>	(Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016) (OMS, 2016)	Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) OMS (2016)
Autor corporativo o institucional sin siglas	(Colegio Oficial de la Psicología de Madrid, 2020)	Colegio Oficial de la Psicología de Madrid (2020)

### Casos especiales:

- Citas múltiples de un mismo autor y fecha: (Rodríguez, 2007a) o Rodríguez (2007b)
- Autores con apellidos iguales (se incluye la inicial del nombre): (J.M. Taylor, 2015; T. Taylor, 2014)
- Traducciones: (Piaget, 1966/2000) o Piaget (1966/2000)

## Citas textuales:

En este tipo de citas debemos incluir autor, año y número de página/s. Si el trabajo no está paginado indicar sección o párrafo en el que se encuentra la información.

- Menos de 40 palabras: introducir en el texto la información entrecomillada.
- Más de 40 palabras: introducir la información en párrafo aparte con margen de 5 espacios y sin utilizar comillas.
- Cita textual extraída de una página: (Blanco et al., 2019, p. 252)
- Cita textual extraída de más de una página: (Blanco et al., 2019, p. 252-253)
- Cita textual sin numeración de página: (Blanco et al., 2019, párr. 3)

## Redactar referencias en APA

### Libro en papel

Echeita, G., y Serrano, G. (2019). Educación inclusiva: el sueño de una noche de verano. Octaedro.

### Libro electrónico

Pichardo Galán, J., y Stéfano Barbero, M. (Eds.). (2015). *Diversidad sexual y convivencia: una oportunidad educativa*. Universidad Complutense de Madrid. [http://eprints.ucm.es/34926/1/Diversidad\\_y\\_convivencia\\_2015\\_FINAL.pdf](http://eprints.ucm.es/34926/1/Diversidad_y_convivencia_2015_FINAL.pdf)

### Capítulo de libro

Gilmartín, M. A. (2008). Ambientes escolares. En J. A. Aragonés y M. Amérigo (Eds.), *Psicología ambiental* (pp. 221-237). Pirámide.

### Entrada en diccionario o enciclopedia

American Psychological Association. (n.d.). Educational Psychology. En *APA dictionary of psychology*. Recuperado 26 Junio, 2020, de <https://dictionary.apa.org/educational-psychology>

### Artículo de revista en papel

Rodríguez, C. (2007). God's eye does not look at signs. Early development and semiotics. *Infancia y Aprendizaje*, 30(3), 343-374.

## Artículo de revista electrónica

- Artículo de revista con paginación y doi

Blanco, M., Veiga, O. L., Sepúlveda, A. R., Izquierdo-Gomez, R., Román, F. J., López, S., y Rojo, M. (2019). Ambiente familiar, actividad física y sedentarismo en preadolescentes con obesidad infantil: estudio ANOBAS de casos-controles. *Atención Primaria*, 52(4), 250-257. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.05.013>

- Artículo de revista con identificador electrónico (eLocator)

Buring, D., Kilteni, K., Rabuffetti, M., Slater, M., y Pia, L. (2019). Body ownership increases the interference between observed and executed movements. *PLOS ONE*, 14(1), Article e0209899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209899>

## Comunicación en Congreso

Alonso-Vega, J., Álvarez-Iglesias, A., Ávila-Herrero, I., y Froxán-Parga, M. X. (2019, junio 18). *Verbal interaction analysis of the intervention to an adult with severe behavioral problems* [Presentación de póster]. XVI European Congress of Psychology, Moscú, Rusia. <https://doi.org/10.26226/morressier.5cf632bbaf72dec2b055469e>

## Legislación

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>

## Test

Wechsler, D. (2005). *Escala de inteligencia de Wechsler para niños-IV (WISC-IV): Manual técnico y de interpretación*. TEA

## Página web

Organización Mundial de la Salud. (2016, abril). *Preguntas y respuestas sobre los trastornos del espectro autista (TEA)*. <https://www.who.int/features/qa/85/es/>

## Tesis doctoral o trabajo académico

Fernández González, A. (2010). La inteligencia emocional como variable predictora de adaptación psicosocial en estudiantes de la Comunidad de Madrid [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Biblos-e Archivo. <http://hdl.handle.net/10486/4872>

## **Audiovisuales**

TED. (2018, septiembre 24). *Paolo Bortolameolli: ¿Por qué nos emociona la música?* [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/ulDYtj8kQUs>

## **Redes Sociales**

- Perfil de Twitter

APA Style [@APA\_Style]. (n.d.). *Tweets* [Perfil de Twitter]. Twitter. Recuperado Junio 19, 2020, de [https://twitter.com/APA\\_Style](https://twitter.com/APA_Style)

- Tweet

APA Education [@APAEducation]. (2018, Junio 29). *College students are forming mental-health clubs-and they're making a difference @washingtonpost* [Imagen con enlace adjunto] [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/apaeducation/status/1012810490530140161>

- Página de Facebook

Colegio Oficial de la Psicología de Madrid. (n.d.). *Home* [Página de Facebook]. Facebook. Recuperado Junio 19, 2020, de <https://es-es.facebook.com/Colegio-Of-de-la-Psicolog%C3%ADa-de-Madrid-155367554511985/>

## **No debe incluir lo siguiente:**

Hay algunos tipos de trabajos que no deben ser incluidos en la lista de referencias. Por lo general, la razón por la cual no se incluye un trabajo es porque los lectores no podrán recuperarlo o porque la mención es tan amplia que los lectores no necesitan una entrada en la lista de referencias para comprender el uso.

Menciones generales de páginas web completas, publicaciones periódicas completas no requieren citas en el texto o entradas en la lista de referencias porque el uso es amplio y la fuente es familiar.

Las comunicaciones personales como correos electrónicos, llamadas telefónicas o mensajes de texto se citan solo en el texto, no en la lista de referencias, porque los lectores no pueden recuperar las comunicaciones personales.

Las frases o mensajes de eventuales entrevistados en la investigación pueden ser presentadas y discutidas en el texto, pero no necesitan citas ni entradas en la lista de referencias. En este caso, no es necesario una cita y su respectiva referencia porque las frases son parte de su investigación original. Además, también podrían comprometer la confidencialidad de los participantes, lo cual es una violación ética.

La fuente de una dedicatoria generalmente no aparece en la lista de referencias a menos que el trabajo sea un libro o revista académica. Por ejemplo, si agregas al comienzo de tu documento una cita inspiradora de un famoso, la fuente de la cita no aparece en la lista de referencia porque la cita está destinada a establecer el escenario para el trabajo, y no para justificar un punto clave.

## Formato

La lista de referencias debe iniciar en una nueva página separada del texto. El título de esta página debe ser "Referencias" y debe estar centrado en la parte superior de la página. La palabra Referencias debe ir en negrita.

Las referencias deben estar organizada en orden alfabético de acuerdo con el apellido y las iniciales del nombre del primer autor.

Recordar: Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros, figuras e imágenes. Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre genérico o ingrediente activo.

## B. NORMAS ESPECÍFICAS

### 1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (afiliación, dirección, correo electrónico en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

1. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
2. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y sus dos apellidos sin abreviar y separados por un guion, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor e indicar en el pie de página la afiliación de cada autor, Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis), dirección o correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
3. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.

4. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
5. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento. Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros y figuras.
6. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología. Se deberá presentar los detalles necesarios para que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.
7. **Resultados y discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible, (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada. En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, los efectos e implicaciones.
8. **Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
9. **Referencias:** Se incluirá sólo la literatura citada tomando en cuenta la Norma APA (7ª) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas y se acepta con un mínimo de 10 citas.
10. **Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

## 2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

1. **Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.
2. **Notas técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa (4) Temas de interés, científico y tecnológico. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, Referencias, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de 3.

### **3. COMUNICACIONES CORTAS**

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Una extensión máxima de 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

### **4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS**

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

## **Publicación semestral del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá**

La publicación de artículos es sin costo alguno, la revista es de acceso abierto.

Los trabajos que ingresan a la revista se examinan que cumplan con el formato establecido. Una vez revisado y ajustado al formato, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se incorporan al índice en curso.

La publicación de los artículos es responsabilidad de los autores, quedando la revista científica CIENCIA AGROPECUARIA sin responsabilidad legal.

Correspondencia relativa a la distribución y canje debe dirigirse a:

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)

Tel. (507) 976-1265/1168 fax. 976-1349

e-mail: [cidagro.idiap@idiap.gob.pa](mailto:cidagro.idiap@idiap.gob.pa)

Correspondencia relacionada al contenido editorial debe enviarse a:

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica

Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522

e-mail: [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

Clayton – Ciudad del Saber

Panamá

### **ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET**

Texto completo

<http://www.idiap.gob.pa/revista-cientifica/>

<https://abc.senacyt.gob.pa/recursos-nacionales/>

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa>

<https://panindex.org/index.php/misearch/results?tipoBusqueda=revistas&query=ciencia+agropecuaria>

<https://www.latindex.org/latindex/ficha/27121>

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=28740>

<https://www.sidalc.net/search/Search/Results?type=AllFields&filter%5B%5D=institution%3A%22IDIAP%22>

