

OPTIMIZACIÓN DE APLICACIÓN DIGITAL PARA CLASIFICACIÓN PRODUCTIVA BOVINA MEDIANTE ÍNDICES ZOOMÉTRICOS EN RAZAS CRIOLLAS PANAMEÑAS¹

Axel Villalobos-Cortés²

RESUMEN

La caracterización morfométrica bovina constituye una herramienta fundamental para la diferenciación funcional y productiva de razas criollas adaptadas al ambiente tropical. En Panamá, las razas bovinas criollas Guaymí y Guabalá representan recursos genéticos estratégicos debido a su adaptación y valor para sistemas de producción de bajos insumos. Sin embargo, la aplicación de índices zoométricos a nivel de campo, suele verse limitada por la complejidad de los cálculos y la ausencia de herramientas digitales accesibles. Se describe el desarrollo y optimización de Mooebius C5, una aplicación digital orientada a la clasificación simplificada de aptitud productiva bovina mediante cinco índices zoométricos esenciales. La plataforma fue desarrollada utilizando HTML5, CSS3 y JavaScript, permitiendo su utilización en computadoras, tabletas y teléfonos inteligentes. Mooebius C5 integra los índices cefálico, torácico, pelviano, corporal y dátilo-costal, calculados automáticamente a partir de nueve medidas morfométricas básicas. El sistema implementa una clasificación ponderada de aptitud cárnica o lechera, acompañada de visualización automática de resultados y exportación en formato Excel. La aplicación fue validada utilizando una base de datos de 225 bovinos criollos adultos previamente evaluados en Panamá. Los resultados permitieron mantener la capacidad discriminante observada en el sistema original, utilizando un menor número de variables e índices. Mooebius C5 constituye una herramienta tecnológica de bajo costo y fácil implementación para programas de selección fenotípica, conservación de recursos zoogenéticos y apoyo a la toma de decisiones en sistemas ganaderos tropicales.

Palabras clave: Bovinos criollos, caracterización morfométrica, Mooebius C5, plataforma, ganadería tropical.

¹Recepción: 25 de mayo de 2026. Aceptación: 03 de junio de 2026. Trabajo realizado en el Proyecto: Conservación y Uso de Bovino Criollo Panameño. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP, Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA), Ciudad del Saber. Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: villalobos.axel@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4223-0560>



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

OPTIMIZATION OF A DIGITAL APPLICATION FOR PRODUCTIVE CLASSIFICATION OF CATTLE USING ZOOMETRIC INDICES IN PANAMANIAN CREOLE BREEDS

ABSTRACT

Morphometric characterization of cattle is a fundamental tool for the functional and productive differentiation of Creole breeds adapted to tropical environments. In Panama, the Guaymí and Guabalá Creole cattle breeds are strategic animal genetic resources due to their adaptation and value in low-input production systems. However, the practical application of zoometric indices under field conditions is often limited by the complexity of the calculations and the lack of accessible digital tools. This study describes the development and optimization of Mooebius C5, a digital application designed to simplify the classification of bovine productive aptitude using five essential zoometric indices. The platform was developed using HTML5, CSS3, and JavaScript, enabling it to run on desktop computers, tablets, and smartphones. Mooebius C5 automatically calculates the cephalic, thoracic, pelvic, body, and dactyl-thoracic indices from nine basic morphometric measurements. The system implements a weighted classification of beef or dairy aptitude, with automatic visualization of results and export to Microsoft Excel. The application was validated using a database of 225 adult Creole cattle previously characterized in Panama. The results demonstrated that the optimized system maintained the discriminating capacity of the original methodology while requiring fewer morphometric variables and zoometric indices. Mooebius C5 constitutes a low-cost, user-friendly technological tool for phenotypic selection programs, conservation of animal genetic resources, and decision support in tropical livestock production systems.

Keywords: Creole cattle, morphometric characterization, Mooebius C5, digital platform, tropical livestock production.

INTRODUCCIÓN

Los bovinos criollos Guaymí y Guabalá constituyen poblaciones de alto valor adaptativo derivadas de procesos históricos de selección natural y manejo tradicional bajo condiciones tropicales (Villalobos-Cortés et al., 2023; Villalobos-Cortés et al., 2024). Las razas Guaymí y Guabalá han demostrado capacidad de adaptación a sistemas extensivos, tolerancia ambiental y potencial productivo bajo condiciones limitantes, representando recursos genéticos relevantes para la sostenibilidad ganadera nacional (Martínez et al., 2012; Ginja et al., 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/)

La caracterización morfométrica mediante índices zoométricos ha sido ampliamente utilizada para la evaluación de aptitudes funcionales y productivas en bovinos criollos y otras especies domésticas. Diversos autores han señalado que variables como profundidad torácica, proporcionalidad corporal y conformación pélvica permiten inferir orientación productiva hacia carne o leche con adecuada precisión biológica (Contreras et al., 2012; Rojas-Espinoza et al., 2023).

Sin embargo, la aplicación práctica de estos análisis en condiciones de campo presenta algunas limitaciones asociadas al cálculo manual de índices, interpretación técnica especializada y falta de herramientas digitales accesibles y sencillas para estudiantes en formación, productores y técnicos de campo. En este contexto, la incorporación de herramientas computacionales e inteligencia artificial aplicada a la producción animal ha permitido desarrollar metodologías más objetivas y reproducibles para clasificación fenotípica y evaluación productiva (Chafai et al., 2023; Kasarda et al., 2023).

Como parte de un estudio previo de clasificación morfométrica automatizada de bovinos criollos panameños, se desarrolló la plataforma Mooebius, integrada con modelos supervisados Random Forest para predicción de aptitud productiva (Bovo et al., 2021). Dicho modelo alcanzó precisiones superiores al 86% utilizando variables morfométricas y análisis de aprendizaje automático (Villalobos-Cortés et al., 2026).

A partir de esta experiencia, se desarrolló Mooebius C5 como una versión optimizada y simplificada orientada al uso operativo en campo, reduciendo el número de índices utilizados e incorporando únicamente los parámetros con mayor capacidad discriminante funcional. La nueva arquitectura busca mejorar portabilidad, facilidad de uso y velocidad de interpretación sin perder robustez biológica. El objetivo de este trabajo fue desarrollar y describir la optimización de la aplicación Mooebius C5 para la clasificación automatizada de aptitud productiva bovina mediante cinco índices zoométricos esenciales aplicados a bovinos criollos panameños.



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

Desarrollo de la aplicación

Mooebius C5 fue desarrollada utilizando tecnologías web estándar *HTML 5*, *CSS 3* y *JavaScript*, permitiendo compatibilidad multiplataforma y ejecución en navegadores móviles y de tabletas. La estructura del sistema comprende tres componentes principales: captura de medidas morfométricas, cálculo automatizado de índices zoométricos y clasificación funcional automatizada por cada índice.

La interfaz fue diseñada bajo un enfoque minimalista y centrado en la facilidad operativa en campo, utilizando formularios dinámicos y visualización automatizada de resultados. El diseño gráfico, también implementó tablas codificadas por colores para facilitar la interpretación inmediata de aptitud productiva, rosado para aptitud cárnica, verde para aptitud lechera y amarillo para indefinido. En la base de la tabla de clasificación por índice, se presenta la clasificación global y la aptitud con el puntaje máximo obtenido (Figura 1).

Índice	Valor	Aptitud
ICE	39.13	Indefinido
ITO	83.87	Leche
IPE	90.48	Leche
ICO	80.38	Leche
IDC	28.85	Carne
Mooebius Core 5: Clasificación global Leche Puntaje Carne: 1 Puntaje Leche: 4		

Figura 1. Ventana de clasificación final de aptitud productiva en *Mooebius C5*.



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 utilizadas

La versión Mooebius C5 utiliza nueve medidas morfométricas: Anchura de cabeza (AC), Longitud de cabeza (LC), Longitud corporal (LgCo), Anchura de grupa (AG), Longitud de grupa (LG), Diámetro dorso-esternal (DDE), Diámetro bicostal (DBC), Perímetro torácico (PT), Perímetro de caña (PC).

Las variables morfométricas evaluadas presentan cierto grado de correlación biológica debido al crecimiento corporal integrado de los animales. Sin embargo, Mooebius C5 no utiliza modelos de regresión lineal para la clasificación final, sino índices zoométricos derivados y reglas de decisión basadas en umbrales funcionales. Además, la selección de las variables incorporadas en la aplicación se apoyó en análisis previos de importancia de variables y redundancia realizados mediante modelos Random Forest, minimizando el efecto potencial de la multicolinealidad sobre el desempeño del sistema (Villalobos-Cortés et al., 2026).

Índices zoométricos implementados

La aplicación calcula automáticamente cinco índices: Cuatro índices etnológicos y un índice productivo: Índices Etnológicos: Índice Cefálico, **ICE** = $(AC/LC) \times 100$; Índice Torácico, **ITO** = $(DBC/DDE) \times 100$; Índice Pelviano, **IPE** = $(AG/LG) \times 100$; Índice Corporal, **ICO** = $(LgCo/PT) \times 100$. Índices Productivos: Índice Dáctilo-Costal, **IDC** = $(PC/DBC) \times 100$.

Los cálculos son ejecutados automáticamente mediante algoritmos implementados en JavaScript.

Sistema de clasificación

El sistema implementa un esquema de ponderación funcional basado en aptitud cárnica, lechera o indefinido. Los índices ICE e ICO recibieron una mayor ponderación debido a su relevancia discriminante observada durante los análisis previos de aprendizaje supervisado (Villalobos-Cortés et al., 2026).



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

Cada índice es evaluado mediante puntos de corte funcionales derivados de literatura especializada y del estudio previo de clasificación morfométrica desarrollado en bovinos Guaymí y Guabalá.

La clasificación final corresponde a: Carne, Leche e Indefinido, según la suma ponderada obtenida por cada categoría funcional.

Validación de la aplicación

Para evaluar el desempeño de Mooebius C5 se utilizó la base de datos morfométrica generada por Villalobos-Cortés et al. (2026), compuesta por 225 bovinos criollos adultos pertenecientes a las razas Guaymí (n = 125) y Guabalá (n = 100). Los registros incluyeron animales mayores de dos años y condición corporal adecuada.

Las nueve variables requeridas por Mooebius C5 fueron extraídas de la base de datos original y procesadas mediante la aplicación. Posteriormente, se registró la clasificación final obtenida para cada individuo en las categorías carne, leche o indefinido.

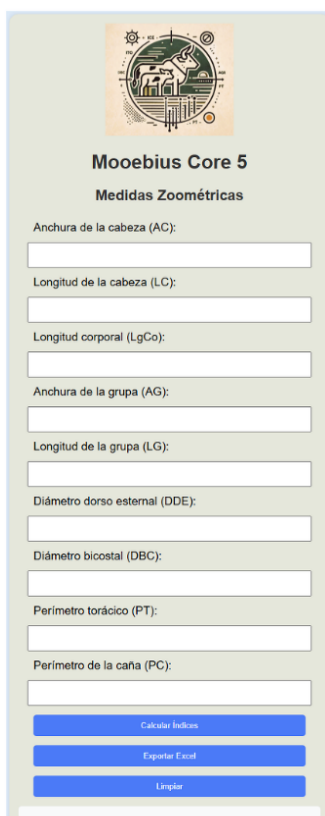
Adicional, la selección de las variables incorporadas en Mooebius C5 se fundamentó en los análisis de importancia de variables obtenidos mediante modelos Random Forest descritos por Villalobos-Cortés et al. (2026), los cuales identificaron los parámetros morfométricos con mayor capacidad predictiva para la clasificación funcional bovina.

Exportación de datos

La aplicación incorpora exportación automatizada de resultados en formato xlsx utilizando la biblioteca SheetJS, permitiendo almacenamiento y análisis posterior de información morfométrica (Figura 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/)



The image shows a mobile application interface titled "Mooebius Core 5" with the subtitle "Medidas Zoométricas". It features a circular logo at the top with a cow and various icons. Below the title, there are ten input fields for morphometric measurements, each with a label in Spanish: "Anchura de la cabeza (AC)", "Longitud de la cabeza (LC)", "Longitud corporal (LgCo)", "Anchura de la grupa (AG)", "Longitud de la grupa (LG)", "Diámetro dorso esternal (DDE)", "Diámetro bicostal (DBC)", "Perímetro torácico (PT)", and "Perímetro de la caña (PC)". At the bottom, there are three blue buttons labeled "Calcular Índices", "Exportar Excel", and "Limpiar".

Figura 2. Interfaz de la aplicación Mooebius Core 5 utilizada para el ingreso de datos morfométricos bovinos y el cálculo automático de índices zoométricos para la clasificación de aptitud productiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La optimización de Mooebius hacia la versión Mooebius C5 permitió reducir significativamente la complejidad operativa del sistema original, disminuyendo el número de índices empleados sin comprometer la capacidad discriminante del modelo.

La validación del App Mooebius C5 se llevó a cabo utilizando la base de datos morfométrica de 225 bovinos criollos adultos previamente descrita por Villalobos-Cortés et al. (2026), compuesta por 125 animales de la raza Guaymí y 100 de la raza Guabalá. La aplicación clasificó 145 individuos (64,4%) con aptitud lechera y 80 individuos (35,6%) con aptitud cárnica, sin registrarse clasificaciones indefinidas.



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

Aunque Mooebius C5 contempla una categoría “Indefinido” cuando existe empate en la puntuación ponderada entre aptitud cárnica y lechera, ninguno de los animales evaluados presentó esta condición, por lo que todos los individuos fueron asignados a una de las dos categorías productivas.

Los resultados evidencian que la simplificación metodológica implementada en Mooebius C5 conserva la capacidad de diferenciar biotipos productivos previamente identificados mediante análisis morfométricos convencionales y modelos de aprendizaje automático (Cuadro 1).

En la raza Guaymí predominó la aptitud lechera, con 91 animales clasificados para leche (72,8%) y 34 para carne (27,2%). Por su parte, la raza Guabalá presentó una distribución más equilibrada, con 54 animales clasificados para leche (54,0%) y 46 para carne (46,0%).

Los resultados son consistentes con los patrones morfofuncionales previamente descritos para ambas poblaciones, donde Guaymí presenta una mayor orientación hacia aptitud lechera y Guabalá muestra características intermedias con una mayor proporción de animales de orientación cárnica (Villalobos-Cortés et al., 2026).

Cuadro 1. Distribución de animales clasificados por Mooebius C5 según aptitud productiva.

Raza	Carne	Leche	Indefinido	Total
Guaymí	34	91	0	125
Guabalá	46	54	0	100
Total	80	145	0	225

Nota: La clasificación fue realizada mediante Mooebius C5 utilizando los cinco índices zoométricos implementados en la aplicación (ICE, ITO, IPE, ICO e IDC) y el sistema de ponderación funcional descrito en el algoritmo de clasificación. El grupo GR=1 correspondió a bovinos Guaymí (n=125) y el grupo GR=2 a bovinos Guabalá (n=100).



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 evaluación de Mooebius C5 sobre la población completa de bovinos criollos demostró que la aplicación es capaz de generar clasificaciones consistentes con los patrones morfofuncionales previamente descritos para las razas Guaymí y Guabalá. La automatización de los cálculos permitió reducir el tiempo de procesamiento de la información y eliminar errores asociados al cálculo manual de índices zoométricos, facilitando su aplicación en condiciones de campo.

Los análisis previos basados en modelos Random Forest permitieron identificar que las variables asociadas con la longitud corporal, el perímetro torácico y la conformación pélvica constituían los principales componentes predictivos para la clasificación funcional bovina.

La longitud corporal presentó la mayor importancia predictiva ($0,1799 \pm 0,0889$), seguida por el perímetro torácico ($0,1583 \pm 0,0626$) y la anchura de grupa ($0,1193 \pm 0,0722$). Estos resultados justificaron la simplificación estructural aplicada en Mooebius C5, priorizando únicamente variables esenciales de alta capacidad informativa (Villalobos-Cortés et al., 2026).

Los análisis de ablación realizados en el estudio original demostraron que modelos simplificados basados únicamente en índices podían mantener precisiones superiores al 90% en conjuntos hold-out, aunque con potencial riesgo de circularidad estadística. Por esta razón, Mooebius C5 fue concebido principalmente como herramienta operativa de clasificación rápida y apoyo fenotípico, más que como sustituto de modelos estadísticos completos. La reducción de variables permitió mejorar: velocidad de captura de datos, portabilidad operacional, facilidad de entrenamiento técnico, aplicabilidad en sistemas de producción de bajos recursos.

Desde el punto de vista computacional, la aplicación mostró adecuada estabilidad funcional utilizando únicamente procesamiento local mediante JavaScript, evitando dependencia de servidores externos o procesamiento en la nube.



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 diseño responsive implementado mediante CSS facilita su utilización en teléfonos inteligentes y tabletas durante evaluaciones de campo. Esta característica representa una ventaja importante para programas de conservación y caracterización fenotípica desarrollados en regiones rurales tropicales.

La incorporación de exportación automática en formato Excel también facilita integración con bases de datos zootécnicas y programas de análisis estadístico posteriores.

Diversos estudios recientes han señalado que la integración de herramientas digitales e inteligencia artificial en producción animal puede mejorar significativamente los procesos de selección y evaluación fenotípica (Fuentes et al., 2022; Gebreyesus et al., 2023). En este sentido, Mooebius C5 constituye una aproximación tecnológica adaptada específicamente a condiciones de ganadería tropical latinoamericana.

Asimismo, la utilización de índices zoométricos simplificados mantiene coherencia biológica con estudios clásicos de caracterización morfofuncional bovina, permitiendo preservar interpretabilidad zootécnica del sistema (Contreras et al., 2012; Holgado et al., 2015).

CONCLUSIONES

- Mooebius C5 representa una optimización funcional de la plataforma original Mooebius orientada a la clasificación rápida y simplificada de aptitud productiva bovina mediante cinco índices zoométricos esenciales.
- La reducción estratégica de variables permitió mantener capacidad discriminante funcional adecuada, mejorando simultáneamente operatividad, portabilidad y facilidad de implementación en condiciones de campo.
- La aplicación constituye una herramienta tecnológica útil para programas de conservación, selección fenotípica y caracterización de recursos zoogenéticos tropicales, particularmente en sistemas ganaderos de bajos insumos donde el acceso a tecnologías avanzadas puede ser limitado.



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 aplicación, Moebius C5 muestra potencial integración entre la morfometría clásica, tecnologías web e inteligencia artificial aplicada para fortalecer procesos de evaluación productiva en bovinos criollos latinoamericanos.

REFERENCIAS

- Bovo, M., Agrusti, M., Benni, S., Torreggiani, D., & Tassinari, P. (2021). Random Forest Modelling of Milk Yield of Dairy Cows under Heat Stress Conditions. *Animals*, 11(5), 1305. <https://doi.org/10.3390/ani11051305>
- Chafai, N., Hayah, I., Houaga, I., & Badaoui, B. (2023). A review of machine learning models applied to genomic prediction in animal breeding. *Front. Genet.* 14,1150596. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1150596>
- Contreras, G., Chirinos, Z., Molero, E., & Paéz, A. (2012). Medidas corporales e índices zoométricos de toros Criollo Limonero de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 30(2), 175-181. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692012000200006
- Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Tongson, E., Dunshea, F. R., Dac, H. H., & Lipovetzky, N. (2022). Animal biometric assessment using non-invasive computer vision and machine learning are good predictors of dairy cows age and welfare: The future of automated veterinary support systems. *Journal of Agriculture and Food Research*, 10, 100388. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100388>
- Gebreyesus G, Milkevych V, Lassen, J., & Sahana G (2023) Supervised learning techniques for dairy cattle body weight prediction from 3D digital images. *Front. Genet.* 13, 947176. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.947176>
- Ginja, C., Gama, L.T., Cortés, O. *et al.* (2019). The genetic ancestry of American Creole cattle inferred from uniparental and autosomal genetic markers. *Sci Rep* 9, 11486. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47636-0>



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

- Holgado, F. D., Ortega, M. F., & Fernández, J. (2015). Evolución con la edad de diferentes medidas corporales en hembras bovinas de la raza Criollo Argentino. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 6, 178-183. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/raza_criolla/80-AICA2015vv_Trabajo025.pdf
- Kasarda, R., Moravčíková, N., Mészáros, G., Simčič, M., & Zaborski, D. (2023). Classification of cattle breeds using the random forest approach. *Livestock Science*, 267, 105143. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105143>
- Martínez, A. M., Gama, L. T., Cañón, J., Ginja, C., Delgado, J. V., et al. (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>
- Rojas-Espinoza, R., Macedo, R., Suaña, A., Delgado, A., Manrique, Y. P., Rodríguez, H., Quispe, Y. M., Perez-Guerra, U. H., Pérez-Durand, M. G., & García-Herreros, M. (2023). Phenotypic Characterization of Creole Cattle in the Andean Highlands Using Bio-Morphometric Measures and Zoometric Indices. *Animals*, 13(11), 1843. <https://doi.org/10.3390/ani13111843>
- Villalobos-Cortés, A., Flores De León, A., & Jaén, M. (2026). Morphological and morphometric comparison and digital classification of Guaymi and Guabala cattle breeds using machine learning. *Open Veterinary Journal*, 16(3), 14961510. <https://www.bibliomed.org/mnsfulltext/100/100-1762453161.pdf?1782323517>
- Villalobos-Cortés, A., Rodríguez-Espino, G., & Franco-Schafer, S. (2024). Evaluation of runs of homozygosity and genomic endogamy in the Creole breeds Guaymi and Guabala in Panama. *African Journal of Biotechnology*, 23(4), 152–161. <https://journalbackups.lon1.digitaloceanspaces.com/uploads/main/article/ced1e7a72105.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/)

Villalobos-Cortés, A., Rodríguez-Espino, G., Murillo-Alcedo, M., Castillo-Mayorga, H., & Franco-Schafer, S. (2023). Polimorfismos de nucleótido simple asociados a variables ambientales en el genoma de bovinos criollos panameños. *Ciencia Agropecuaria*, (36), 37-52.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/cienciaagropecuaria/article/view/604>

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Panamá por el apoyo proporcionado durante esta tesis de investigación, así como a los productores de la Asociación de Criadores de Ganado Criollo de Panamá (ACCRIPA) por su colaboración en el desarrollo de este trabajo. Asimismo, agradecemos a la Red Conbiand y a la Red Iberoamericana sobre Recursos Zoogenómicos y su Resiliencia (REZGEN-IBA, 123RT0139) por el respaldo otorgado a esta investigación.



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