



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 36

PANAMÁ-2023
enero - junio



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
no. 36 (enero - junio, 2023). Panamá, PA. Semestral
176 p.
ISSN L 2414-3278
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 36

PANAMÁ-2023
enero - junio

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

José A. Yau, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – 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

Audino Melgar, Ph.D. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|-------|---|
| 7-23 | DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (Coleoptera: Scarabaeidae) EN UNA FINCA LECHERA
<i>Anovel Barba-Alvarado; Marcelino Jaén-Torrijos; Osiris Vigil-Moreno</i> |
| 24-36 | VEGETACIÓN ASOCIADA AL GÉNERO <i>Zelus</i> FABRICIUS, 1803 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE) EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ
<i>Rubén D. Collantes G.; Alonso Santos M.; Javier E. Pittí C.; Randy Atencio V.; Maricsa Jerkovic</i> |
| 37-52 | POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO SIMPLE ASOCIADOS A VARIABLES AMBIENTALES EN EL GENOMA DE BOVINOS CRIOLLOS PANAMEÑOS
<i>Axel Villalobos-Cortés; Ginnette Rodríguez-Espino; Manuel Murillo-Alcedo; Hilda Castillo-Mayorga; Selma Franco-Schafer</i> |
| 53-74 | CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE MESÓFILOS AEROBIOS Y COLIFORMES EN ARROZ COCIDO
<i>Martha de Von Chong; Rito Herrera; Gloria Jaime; Katia Navas</i> |
| 75-95 | FLORA FÚNGICA Y NIVELES DE AFLATOXINAS EN FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS
<i>Rito Herrera; Martha de Von Chong; Alexis De La Cruz; Jenifer Cedeño; Lissete Vargas</i> |
-

96-117

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE DE GANADO JERSEY EN PANAMÁ

*Melvys Jacqueline Vega-Quintero;
Rosa Itzela Quintero-Montenegro*

NOTAS TÉCNICAS

118-138

EFFECTO DE DOS TRATAMIENTOS HORMONALES SOBRE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POST PARTO EN VACAS LECHERAS

*Raúl H. De León-García; Roderick A. González M.;
Jonathan G. Chavarría*

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

139-165

IMPACTO DE LOS INSECTOS EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN PANAMÁ

*Randy Atencio-Valdespino; Rubén D. Collantes-González;
Martin A. Caballero-Espinos; Paola Hernández-Aparcedo;
Milagros Vaña-Herrera*

166-174

NORMAS PARA AUTORES

DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (Coleoptera: Scarabaeidae) EN UNA FINCA LECHERA¹

*Anovel Barba-Alvarado*²; *Marcelino Jaén-Torrijos*³; *Osiris Vigil-Moreno*⁴

RESUMEN

El estudio se realizó con el propósito de determinar la diversidad de escarabajos estercoleros asociados al sistema de producción de bovinos de leche doble propósito, en pastoreo rotacional y sistema silvopastoril localizado en la Estación Experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en El Ejido, provincia de Los Santos, República de Panamá, localizado a 7°54'31° N 80°22'01° W. Se consideraron componentes del paisaje, pastura en rotación (PSR) y sistema silvopastoril (SLP), establecido en la localidad en cuestión. Para los muestreos dentro de estas mangas, se establecieron dos transectos de forma lineal en la finca. Se colocaron ocho trampas de caída (SLP; = 8 y PSR; = 8) en cada sitio de muestreo. Se determinaron indicadores de distribución y abundancia de estas especies, según la estructura del sistema establecido en el hato ganadero. Para establecer la eficiencia de los eventos de muestreo, se elaboraron curvas de rarefacción de especies observadas \pm intervalo de confianza de 95%. Como estimador de riqueza basado en abundancia entre sistemas PSR y SLP, se utilizaron los índices de Chao, Simpson, diversidad de Shannon-Wiener y similitud de Morisita. Se registró un total de tres especies de escarabajos estercoleros, *Canthon septemmaculatus* Latrielle, 1811 (Canthonini), *Copris lugubris* Boheman, 1858 (Coprini) y *Dichotomius agenor* Harold, 1869 (Dichotomiini). Esto constituye los primeros registros asociados a sistemas de producción ganaderas en Panamá. Siendo la especie dominante *C. septemmaculatus* y la mayor diversidad encontrada en áreas colindantes a sistemas silvopastoriles de la Estación Experimental. La diversidad de especies de mamíferos produce abundancia de estiércol y la vegetación riqueza de hábitats y recurso alimenticios presentes en agroecosistema. Son factores que contribuye a la funcionalidad de los escarabajos que podrían de esta manera integrarse al complejo de elementos necesarios para el manejo sustentable de la Estación Experimental.

Palabras claves: Escarabajos estercoleros, distribución y abundancia, ganadería, pasturas, sostenibilidad.

¹Recepción: 16 de mayo de 2022. Aceptación: 10 de agosto de 2022. Trabajo realizado en el Proyecto Manejo de los principales Parásitos internos y externos que afectan los Sistemas de Producción de Rumiantes en Panamá.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIAD). e-mail: anovelbarba@gmail.com anobel.barba@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>

³IDIAP, CIAD. Laboratorio de Salud Animal.

⁴IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Azuero (CIAAz). Estación Experimental del El Ejido.



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

DIVERSITY OF DUNG BEETLES (Coleoptera: Scarabaeidae) IN A DAIRY FARM

ABSTRACT

The study was carried out with the purpose to determine the diversity of dung beetles associated with the dual-purpose dairy cattle production system, in rotational grazing and silvopastoral system, located in the Experimental Station of the Agricultural Innovation Institute of Panama (IDIAP) in El Ejido, Los Santos province, Republic of Panama, 7°54'31° N 80°22'01° W. The study considered landscape components, rotational pasture (PSR) and silvopastoral system (SLP), established in the locality in issue. The samplings within these sleeves were established in two linear transects on the farm. Eight traps (SLP; = 8 and PSR; = 8) were placed at each sampling site, sixteen in total. Indicators of distribution and abundance of these species were determined, according to the structure of the system established of the cattle herd. For establishing the efficiency of the sampling events, rarefaction curves of observed species \pm 95% confidence interval were prepared. As an estimator of richness based on abundance between PSR and SLP systems, indexes of Chao, Simpson, Shannon-Wiener diversity and Morisita similarity were used. A total of three species of dung beetles were recorded, *Canthon septemmaculatus* Latrielle, 1811 (Canthonini), *Copris lugubris* Boheman, 1858 (Coprini) and *Dichotomius agenor* Harold, 1869 (Dichotomiini). These constitutes the first records associated with livestock production systems in Panama. The diversity of mammalian species produces an abundance of manure, and the vegetation richness of habitats and food resources present in the agroecosystem. They are factors that contribute to the functionality of the beetles that could thus be integrated into the complex of elements necessary for the sustainable management of the Experimental Station.

Key words: Dung beetles, distribution and abundance, livestock, pastures, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Los escarabajos estercoleros o coprófagos pertenecen a la familia Scarabaeidae (Coleoptera), específicamente están ubicados dentro de la subfamilia Scarabaeinae, que comprende más de 6000 especies y 200 géneros en el mundo (Tarasov y Genier, 2015). En América, por ejemplo, existen 71 géneros y aproximadamente 1267 especies (Cambefort, 1991), distribuidos desde Canadá hasta Argentina, incluyendo países tropicales como Panamá (Medina y Lopera, 2000).



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 escarabajos estercoleros tienen un importante papel, dada su capacidad de incorporación de bostas o excrementos de ganado bovino al suelo, excavando galerías en el suelo por debajo de los excrementos o haciendo bolas pequeñas que cargan y las entierran en las cercanías; siendo en especial exitosas en esta labor aquellas especies eficientes en enterrar las bolas y que presenten alta prolificidad (de la Vega et al., 2014). Estos insectos desempeñan un papel crucial en la fertilización del suelo y la dispersión de semilla para el mantenimiento sostenible de las praderas; rol ecosistémico que se complementa con el control de los huevos de helmintos, cuando los adultos y larvas se alimentan de las heces (Cambra, 2006; Medina y Lopera, 2000). Adicional a lo antes expuesto, al eliminar las heces en las cuales colocan sus huevos numerosas especies de moscas, se sustenta su importancia médica y pecuaria (Medina y Lopera, 2000).

Se les considera a los escarabajos coprófagos de subfamilia Scarabaeinae, indicadores del estado de alteración de los hábitats por la intervención humana; lo cual genera fragmentos de bosques que cambian la diversidad de especies en diferentes escenarios ecológicos y biogeográficos. Esto permite entender la estructura de las comunidades presentes y su regulación funcional, para proporcionar una herramienta valiosa para el manejo, programación y desarrollo de programas de conservación (Rangel-Acosta et al., 2020; Rangel-Acosta y Martínez-Hernández, 2017; Vargas-Pérez y Martínez-Revelo, 2016). Esta condición sustenta la necesidad del estudio de las comunidades de escarabajos estercoleros adaptadas a la estructura del paisaje dentro de las superficies dedicadas a ganadería en Panamá, que encierra una gran multiplicidad de paisajes y tipos de hábitats que favorecen esta riqueza.

El estudio de escarabajos estercoleros en la región Pacífico Central de Panamá es el primero documentado, que permite establecer una línea base para fincas destinadas a la ganadería de bovinos. El análisis de diversidad de especies de escarabajos estercoleros es importante, porque es un indicador biológico que tiene una funcionalidad dentro de la salud del ecosistema ganadero; que ya se ve afectada en las últimas décadas por la destrucción, fragmentación y aislamiento de los remanentes de bosque, lo que puede afectar la población y los servicios ecosistémicos que ofrecen los escarabajos nativos. El manejo propio de la finca pudiese producir cambios en la composición y estructura de la comunidad de escarabajos, con una modificación de la riqueza y abundancia relativa 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/).

las especies; llevando incluso a la desaparición y puede provocar cambios en la dominancia (Montes de Oca, 2001). El objetivo del estudio fue determinar la diversidad de escarabajos estercoleros asociados a sistemas de producción de bovinos de leche doble propósito en pastoreo rotacional y silvopastoril, en la Estación Experimental de El Ejido del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se realizó en sistema de producción de bovinos de leche doble propósito de la Estación Experimental de El Ejido del IDIAP en la provincia de Los Santos, correspondiente a la zona del Arco Seco., localizado 7° 54'31"N 80° 22' 01" W. La época de lluvia comprende de abril a noviembre y época seca de diciembre a marzo. Según las zonas de vida de Holdridge (1978), se ubica en un Bosque seco premontano (Figura 1) y se encuentra a una altura de 26 msnm, con una precipitación media anual de 1122 mm y temperatura anual media de 27,5° C.

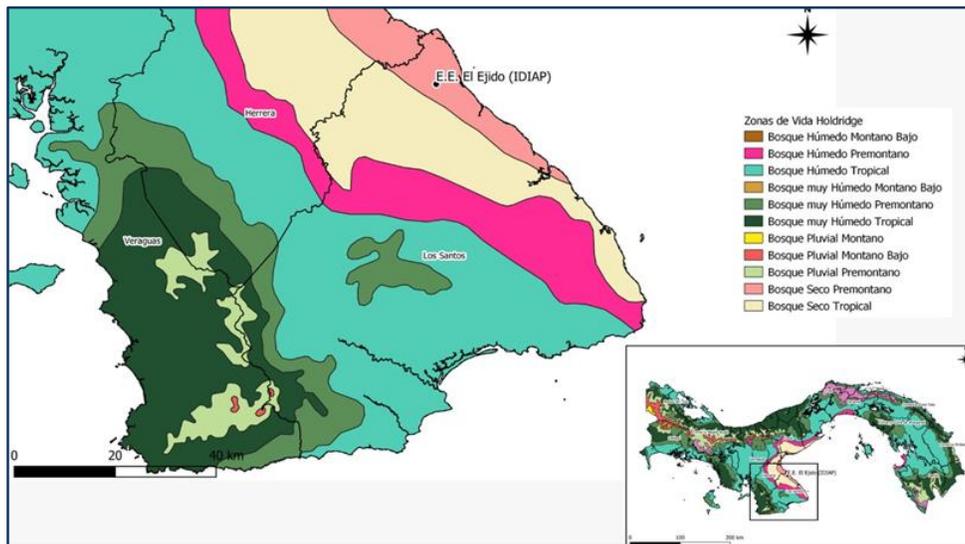


Figura 1. Localización geográfica de la finca El Ejido, provincia de Los Santos, Panamá. Zonas de Vida Holdridge. Fuente IDIAP, utilizando capa base del Instituto Smithsonian.

La finca se caracteriza por tener una extensión de 50 ha, dedicada al módulo de lechería, con 15 ha de pastoreo rotacional en períodos de 2 a 3 días y de 18 a 27 días de descanso para producción de forraje. Presenta una superficie destinada al sistema



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

silvopastoril 0,5 ha, compuesto por cercas vivas, arboles dispersos, bancos forrajeros donde predominan las siguientes especies de pastos: *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, *Panicum maximum* cv. Mombasa, *Panicum maximum* cv. Massae, *Cynodon dactylon* (L.) cv. Alicia, *Botriorchloa pertusa* (L.), *Digitaria swazilandensis* (Stent); árboles de leucaena - *Leucaena leuccephala* (Lam.) de Wit, leguminosas arbustivas, guásimo - *Guazuma ulmifolia* (Lam.); agayo - *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Wild., nim - *Azadiracta indica* (A.) Juss., corotú - *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y cercas vivas de coquillo - *Jatropha curcas* (L.).

El trabajo de campo se realizó durante la temporada de lluvias, entre junio y julio del 2010. Para el presente estudio inicial no se consideró la época seca, basado en evidencias que indican que durante esta época la abundancia de los escarabajos del estiércol es muy baja y la mayoría de las especies no están activas (Andresen, 2005).

Las mangas seleccionadas para los muestreos en la Estación Experimental, según el uso de suelo, incluyeron: Pastoreo sistema rotacional (PSR) y sistema silvopastoril (SLP).

Los muestreos dentro de estas mangas se establecieron en dos transectos de forma lineal en la finca. Se colocaron en cada sitio de muestreo ocho trampas de caída (16 en total etiquetadas como: SLP; n= 8 y PSR; n= 8). Las trampas fueron colocadas a una distancia de 10 metros y cada transecto separado a 20 metros aproximadamente. Para las trampas de caída se utilizaron vasos plásticos descartables de 500 cm³ cebadas con estiércol fresco bovino (50 g), acondicionadas con agua y detergente para mantener los individuos recolectados en la trampa cambiándolas regularmente cada 24 horas.

Las muestras colectadas se preservaron en alcohol al 70% y se etiquetaron y fueron trasladadas al laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD) del IDIAP.

La identificación de los especímenes capturados se realizó siguiendo claves taxonómicas de escarabajos coprófagos (Chamorro et al., 2018; Kohlmann y Solís, 1997; Delgado et al., 2000; Medina y Lopera, 2000; Solís y Kohlmann, 2002; López-Guerrero,



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

2005; Pacho-Avilés et al., 2014) y cotejados con la colección Entomología de la Universidad de Panamá. Las imágenes de insectos fueron tomadas con microscopio de disección Leica M125, cámara DMC 2900, e iluminación LED 5000 SLI, mientras que su procesamiento se realizó con la ayuda de software Leica Application Suite (LAS).

Análisis estadísticos

Se determinó la representatividad del muestreo realizando curvas de rarefacción de especies (Gotelli y Colwell, 2001). Para la estimación estadística directa de la curva, se calculó el número de especies observadas \pm intervalo de confianza del 95%. Como estimador de riqueza basado en abundancia, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde S es el número de especies en una muestra, a es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de “singletons”) y b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (Moreno, 2001). Para la riqueza, se tomó el número de especies por cada sitio muestreado.

La diversidad mediante el índice de Shannon –Wiener:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i es la proporción de individuos encontrados en la especie i -ésima; expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno, 2001).

y la Dominancia de Simpson,

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra



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

(Miranda, 2011; Gotelli y Colwell, 2011). Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001).

La diversidad Beta, con el fin de comparar comunidades encontradas entre los sitios, para esto se realizó un análisis de agrupamiento, el índice de similitud Morisita Horn.

$$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_i \times b_j)}{(d_a + d_b) aN \times bN}$$

Donde a_i = número de individuos de la i -ésima especie en el sitio PSR, b_j = número de individuos de la j -ésima especie en el sitio SLP; $d_a = \sum a_i^2 / aN^2$; $d_b = \sum b_j^2 / bN$ (Moreno, 2001). Los análisis fueron realizados con el programa Past 4 (Hammer et al., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron 65 especímenes de escarabajos pertenecientes a tres géneros (13,64% de los géneros reportados para el país y el 2,14% de las especies), considerando los registros previos en Panamá de 22 géneros y 140 especies de Scarabaeinae (Kohlmann y Solís, 2001; Solís y Kohlmann, 2003; Cambra, 2006).

En cuanto a la abundancia de los sitios el 73% de los individuos fueron recolectados en PSR y el 27% en SLP. La especie más abundante *Canthon septemmaculatus* Latrielle, 1811 (Canthonini) ($n=59$), con un 90,76% de las capturas y otras especies capturadas menos abundantes fueron *Copris lugubris* Boheman, 1858 (Coprini) ($n=5$) con 7,69% y *Dichotomius agenor* Harold, 1869 (Dichotomiini) ($n=1$) con 1,53%, respectivamente.

***Canthon septemmaculatus* Latrielle, 1811**

Material examinado: Hábitat (Figura 2), PSR ♀, 39 ♂, 8., SLR, 11 ♀, 1 ♂. 9.VI-28.VII.2010. Distribución: Ampliamente distribuida, en 12 países (Brasil, Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, La Guyana Francesa, Paraguay, Perú, Surinam, Uruguay, Venezuela y Panamá (Vaz-de-Mello et al., 2014).

Hábitat – Ecología: Esta especie se alimenta de estiércol, carroña, resto de insectos y frutas. El hábitat y la ecología de esta especie son poco conocidos. Es común en áreas



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

abiertas y hábitats perturbado, también encontrado en bosques, pero rara vez en bosques maduros (Vaz-de-Mello et al., 2014).

***Copris lugubris* Boheman, 1858**

Material examinado: Hábitat (Figura 3), PSR ♂, 1., 16.VI.2010. SLR, 3 ♀, 14.VII. 2010 1 ♂. 21.VII.2010

Distribución: Neotropical (México, Guatemala, Belice, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá).

Hábitat – Ecología: La especie es común en ambientes tropicales y subtropicales, se le encuentran en excremento de bovinos y equinos. El dimorfismo sexual de la especie es muy marcado, destacando en los machos donde se presentan cuernos cefálicos y protuberancias (Pacho-Avilés et al., 2014).

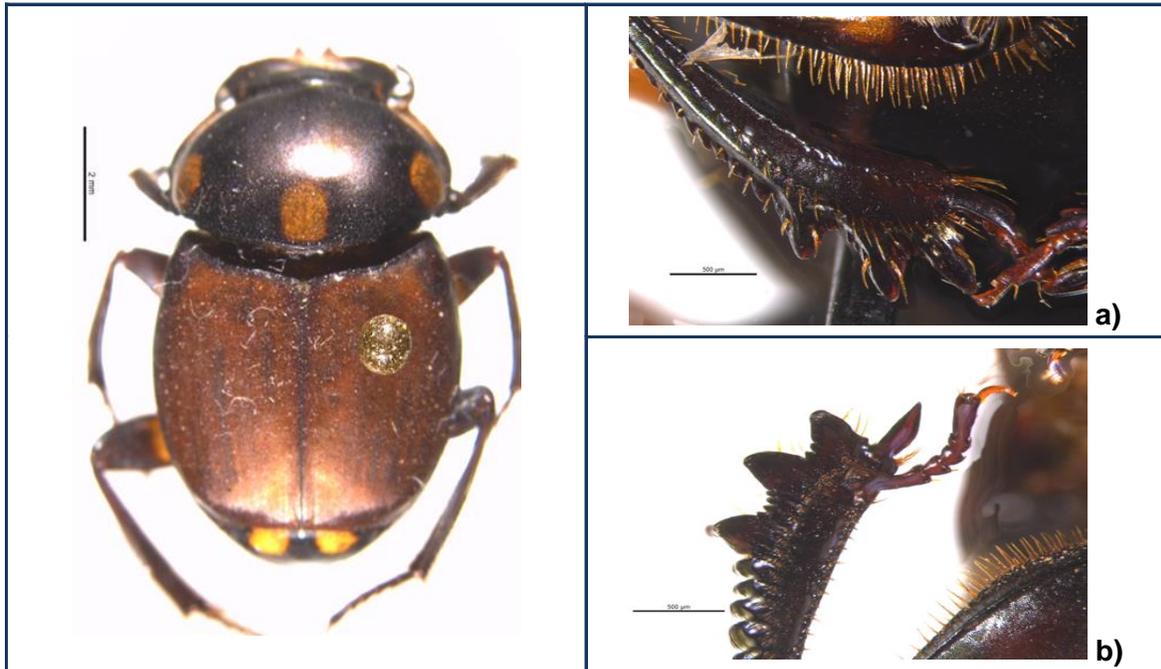


Figura 2. *Canthon septemmaculatus* Latrielle, 1811: a) pata izquierda de un macho; b) pata izquierda de una hembra.



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

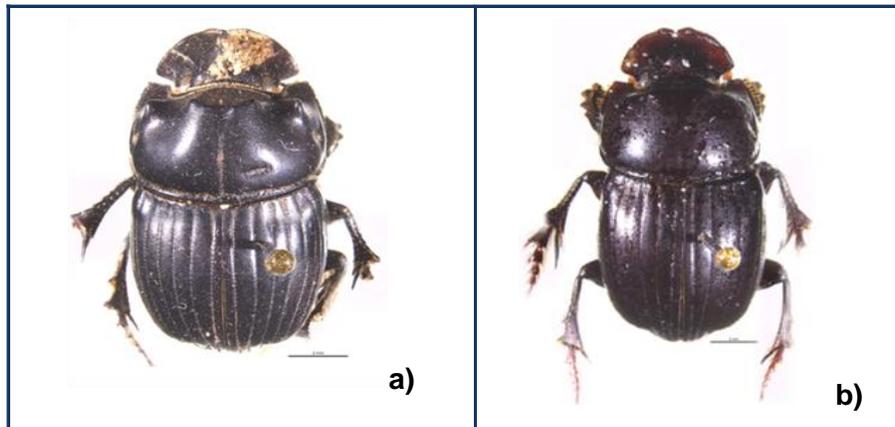


Figura 3. *Copris lugubris* Boheman, 1858: a) Macho; b) Hembra.

***Dichotomius agenor* Harold, 1869**

Material examinado: Hábitat, (Figura 4), SLR, 1 ♂. 21.VII.2010

Distribución: Neotropical (Costa Rica, Panamá, Colombia).

Hábitat – Ecología: Es una especie cavadora, nocturna y grande, donde destaca que los machos presentan un cuerno cefálico más desarrollado que las hembras (Pacho-Avilés et al., 2014).



Figura 4. Vista *Dichotomius agenor* Harold, 1869: Hembra.

Curvas de rarefacción de especies

La curva de rarefacción de la muestra indica un alto valor de representatividad de las especies en el muestreo, con un 95% confianza (Figura 5 y 6). Las curvas muestran que los muestreos fueron significativos, debido a que la



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

curva se estabiliza asintóticamente. La riqueza de especies constituye una variable que no puede medirse con precisión ni estimarse directamente mediante observación (Gotelli y Colwell, 2011). Sin embargo, en el presente estudio, es poco probable encontrar un mayor número de especies, independientemente de que se aumente el número de muestras recolectadas (rarefacción); elemento basado en los estimadores de riqueza asintótica, establecido por previas investigaciones (Gotelli y Colwell, 2011).

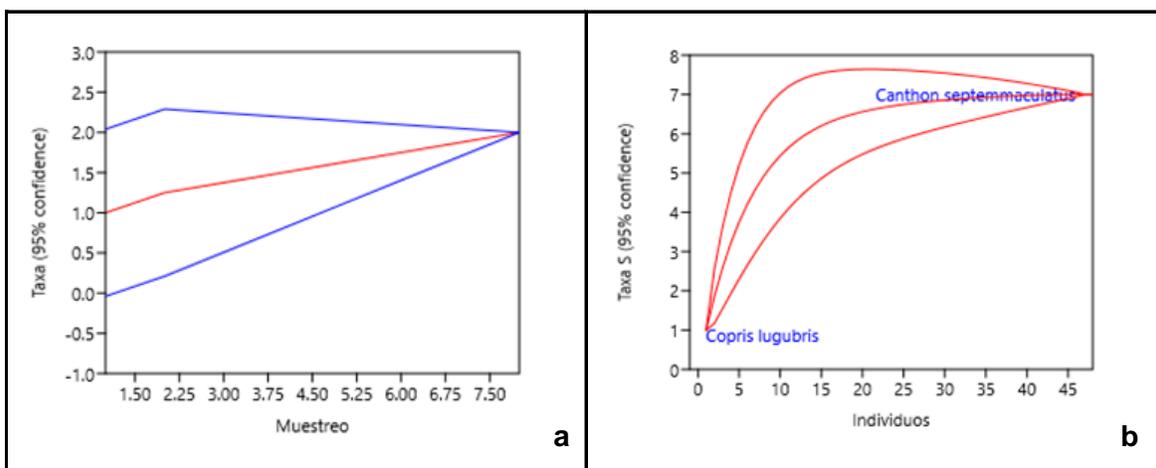


Figura 5. Curva de rarefacción, utilizando indicadores de riqueza, de acuerdo al número de individuos recolectados (a) y número acumulado de especies registradas (b), Estación Experimental El Ejido, para PSR. Los Santos.

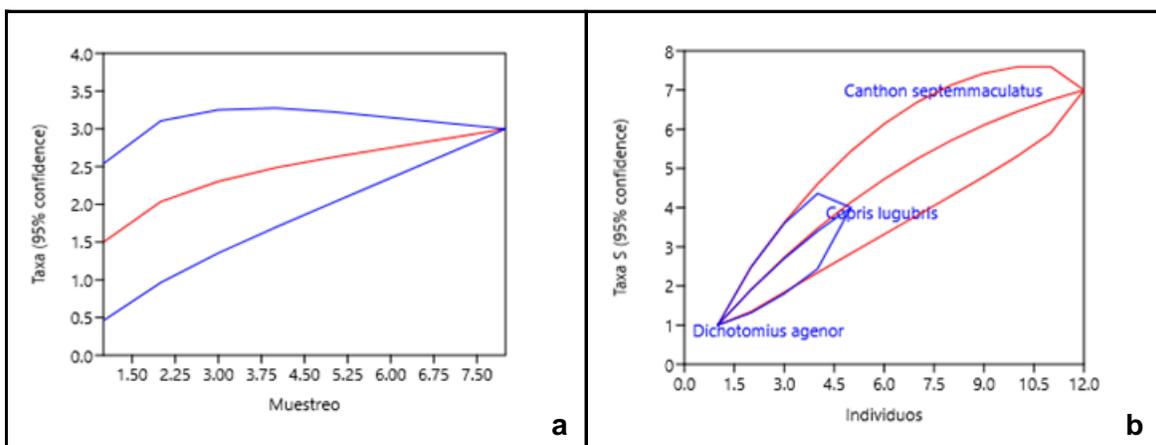


Figura 6. Curva de rarefacción, utilizando indicadores de riqueza, de acuerdo número de individuos recolectados (a) y número acumulado de especies registradas (b), Estación Experimental Ejido, para SLR. Los Santos.



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

Riqueza y abundancia

Hubo una menor riqueza y mayor abundancia en el PSR, donde la distribución de la abundancia en los dos sitios mostró un notable dominio de *Canthon septemmaculatus* (59 individuos), seguido de *Copris lugubris* (5 individuo), *Dichotomius agenor* (1 individuo) y patrón de nidificación observado (Cuadro 1). El análisis de dominancia reveló diferencias entre las dos parcelas ($D = 0,95$ y $0,55$, respectivamente). El índice de diversidad de Shannon presentó diferencias entre los dos sitios ($H' = 0,75$ para el SLP y $H' = 0,10$ para PSR) y el de similitud de Morisita fue de 91% entre los dos sistemas SLP y PSR en la finca (Cuadro 2). Esto ratifica la importancia de la vegetación primaria en el mantenimiento de la biodiversidad de especies y los servicios ecosistémicos que estos proveen.

Cuadro 1. Riqueza, abundancia y patrón de nidificación de escarabajos coprófagos en sistema silvopastoril y pradera en rotación en Estación Experimental, El Ejido, Los Santos.

Especie	Sistema silvopastoril (Media \pm SD)	Pradera en rotación (Media y SD)	Patrón nidificación
<i>Canthon septemmaculatus</i> Latrielle, 1811	12 (1,5 \pm 0,92)	47 (5,25 \pm 384,52)	Patrón V
<i>Copris lugubris</i> Boheman, 1858	4 (0,62 \pm 0,74)	1 (0,125 \pm 0,35)	Patrón II
<i>Dichotomius agenor</i> Harold, 1869	1 (0,12 \pm 0,35)	0	Patrón II
Abundancia	17	48	
Riqueza de Especies	3	2	

Cuadro 2. Comparación de diversidad (índice de Shannon) y dominancia (índice de Simpson) por hábitat, en Estación Experimental de El Ejido, Los Santos.

Hábitat	Shannon H	Dominancia-D	Simpson 1-D	Chao 1
SLP*	0,753	0,9592	0,0408	3
PSR	0,10131	0,5571	0,4429	2

*SLP: Silvopastoril sistema de pastoreo. PSR: Pastoreo Rotacional.



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 estimadores de riqueza Chao 1 sugieren un mayor número de especies dominantes en SLP. Cabe destacar que, si se toma como referencia otros trabajos realizados en otras latitudes y diferentes hábitats utilizando el mismo tipo de trampa y cebo (estiércol bovino), se observan diferencias. Esta diferencia radica en diversidad de atrayentes utilizados, donde solo se utiliza un tipo de excremento y un solo tipo de muestreo, lo cual hubiese probablemente incrementado las cifras del inventario. La proximidad (± 2 km), es un factor que influye en el recambio de especies entre los sitios, puesto que este grupo de insectos posee una amplitud de vuelo de poco más de un kilómetro, permitiendo que la conectividad se mantenga (Sánchez et al., 2018).

Este factor pudiese influir que en sitios de muestreo formen parte de una sola comunidad, a pesar de que cada hábitat de muestreo posee condiciones diferentes, entre la vegetación secundaria, áreas perturbadas por cambio de uso de suelos como monocultivos o potreros. La especie *C. septemmaculatus* parece mostrar un amplio espectro de tolerancia ambiental, pudiendo considerarse una especie euritípicas (Sánchez et al., 2018), ya que se encuentra en altas proporciones en los dos hábitats. Se encontró un patrón típico de distribución de las especies, donde una especie domina sobre el resto; esto se lo asocia con áreas intervenidas e inclusive se encuentra en áreas completamente abiertas y sin cobertura arbórea. En cuanto a composición de las especies, se encontró una tendencia similar a otros trabajos en bosque seco con *Canthon* como género dominante (Rangel-Acosta y Martínez-Hernández, 2017).

Los SLP (bancos mixtos de forraje, potreros con árboles dispersos, cercas vivas y sistemas silvopastoriles intensivos) que incorporan árboles y arbustos al sistema productivo incrementan la cobertura vegetal en las áreas de uso ganadero, lo cual genera ambientes favorables para la diversidad local de escarabajos del estiércol y promueven la movilidad de las especies en los paisajes ganaderos, de manera que éstas sean capaces de salir del bosque, colonizar y reproducirse en los potreros ganaderos (Montoya-Molina et al., 2016; Murillo et al., 2016).

Entre los paracópridos presentes se encontraron *C. lugupris* y *D. agenor*, que tienen preferencias por estiércol de bovino, lo que es muy importante en ambientes ganaderos. Estas especies son consideradas paracópridos grandes y tienen una alta tasa 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/).

descomposición (Pacho-Avilés et al., 2014). Sin embargo, se puede señalar que la modificación del paisaje por intervención humana del sistema afecta la diversidad (Vargas-Pérez y Martínez-Revelo, 2016).

Las tres especies de escarabajos del estiércol asociadas a sistemas ganaderos demostraron una fuerte relación con los sistemas SLP y PSR, donde la evidencia indica que la estructura del sistema productivo puede determinar la composición de especies. Es importante continuar los estudios de grupos de escarabajos para tener un panorama más amplio de los posibles efectos causados por diversas alteraciones de origen natural y antropogénico en la región.

La presente contribución, hasta donde se conoce, es el primer estudio formal sobre biodiversidad de Scarabaeinae asociado a una finca ganadera en Panamá, a partir del cual se requiere seguir trabajando otras fincas en el corredor del Arco Seco del país.

CONCLUSIONES

- La especie *C. septemmaculatus*, es la más abundante en ambos sistemas SLP y PSR. Siendo los sistemas silvopastoriles los que generan mayor heterogeneidad y diversidad, lo que indica el efecto positivo que tienen estos sistemas sobre la riqueza, abundancia y diversidad de la biota funcional. Esto indica la respuesta que tiene la modificación del hábitat en la comunidad de escarabajos estercoleros.
- Es uno de los primeros esfuerzos para catalogar y medir la biodiversidad de especies de escarabajos estercoleros asociados a una superficie bajo un sistema de producción de ganado bovino en Panamá, cuyos resultados acentúan la necesidad de seguir monitoreando las poblaciones de escarabajos estercoleros, utilizando un protocolo estandarizado para estudiar los mecanismos que influyen en la disminución de la diversidad de los escarabajos, especialmente aquellos que incurren con determinados cambios del paisaje y manejo del hato.



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

- Andresen, E. (2005). Interacción entre primates, semillas y escarabajos coprófagos en bosques húmedos tropicales: un caso de diplocoria. *Universidad y Ciencia*, 2, 73 - 84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15421208>
- Camberfort, Y. (1991). *Biogeography and evolution*. p. 51-67 en: I Hanski & Y Camberfort (eds.) *Dung beetle ecology.*, Princenton University Press, Princeton, NJ.
- Cambra, R. (2006). Diversidad de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del parque nacional Darién, Panamá. Universidad de Panamá. *Scientia*, 21(1), 105-111. <file:///C:/Users/neysa.garrido/Downloads/486-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1871-1-10-20210205.pdf>
- Chamorro, W., Marín-Armijos, D., Granda, V., y Vaz-de-Mello, F. Z. (2018). Listado de especies y clave de géneros y subgéneros de escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) presentes y presuntos para Ecuador. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 72-100. <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6545>
- De la Vega, C., Elizalde, H. F., González, M., y Reyes, C. (2014). Escarabajos Estercoleros para la Ganadería de la Región de Aysén. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Coyhaique, Chile. *Boletín INIA* N° 295. 85 p. <https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/5db885571c33f.pdf>
- Delgado, I., Pérez, A., y Blackaller, J. (2000). Claves para determinar a los taxones genéricos y supra genéricos de Scarabaeoidea Latreille, 1802 (Coleoptera) de México. *Folia Entorno. Mex.*, 110, 33-87. <https://biblat.unam.mx/es/revista/fovia-entomologica-mexicana/9>
- Gotelli, J. N., y Colwell, K. R. (2011). *Estimating species richness*. Chapter 4. pp. 39 – 54. En: Magurran A.E. & McGill B.J. (eds.): *Biological Diversity: frontiers in measurement and assessment*. New York: Oxford University Press.



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

Gotelli, N., y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4(4), 379-391. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>

Hammer, O., Harper, D. A. T., y Ryan, P. D. (2015). *PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis*. Oslo, Norway: University of Oslo. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf

Holdridge, L. R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. San José Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícola. 235 p. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7936/BVE19040225e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kohlmann, B., y Solís, A. (2001). El género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Giornale italiano di Entomologia*, 9, 159-261.

Kohlmann, B., y Solís, A. (1997). El género *Dichotomius* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *G.it. Ent.*, 8, 343-382.

López-Guerrero, I. (2005). *Dichotomius* (Coleoptera: Scarabeidae, Dichotomiini) de la fauna de México. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 36, 195-209. http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_36/B36-034-195.pdf

Medina, C.A., y Lopera, T. A. (2000). Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22(2), 299-315. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17603/18438>

Miranda, C. I. (2011). *Estadística aplicada a la sanidad vegetal*. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). 173 p.

Montes de Oca, E. (2001). Escarabajos coprófagos de un escenario ganadero típico de la región de los Tuxtlas, Veracruz, México: importancia del paisaje en la composición



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 un gremio funcional. *Acta Zool. Mex. (n.s.)*, 82, 111-132.
<https://www.redalyc.org/pdf/575/57508206.pdf>

Montoya-Molina, S., Giraldo-Echeverri, C., Montoya-Lerma, S., Chará, J., Escobar, J. F., y Calle, Z. (2016). Land sharing vs. Land sparing in the dry caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. *Applied Soil Ecology*, 98(1), 204-212.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.017>

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

Murillo, R. L., Ayazo, R., y Medina, C. (2016). Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en un remanente ribereño y un fragmento bosque húmedo tropical en Córdoba, Colombia. *Ecología Austral. Asociación Argentina de Ecología*, 26(1), 17-26.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2016000100003&lng=es&nrm=iso

Pacho-Avilés, J. J., Rodríguez, V. R. I., y Novelo, R. E. (2014). *Catálogo y Clave Ilustrada de Escarabajos coprófagos de Yucatán, México*. Carrera de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Ed. CCBA – UADY. 51 p.

Rangel-Acosta, J. L., y Martínez-Hernández, N. J. (2017). Comparación de los ensamblajes de escarabajos copronecrófagos (Scarabaeinae) entre fragmentos de bosque seco tropical y la matriz adyacente en el departamento del Atlántico- Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 289-401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.012>

Rangel-Acosta, J. L., Martínez-Hernández, N. J., y Yonoff-Zapata, R. (2020). Respuesta de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un incendio forestal en la Reserva Bijibana, Atlántico-Colombia. *Revista mexicana de biodiversidad*, 91, e912879. Epub 01 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2879>



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

Sánchez, H. G., Gómez, B., Delgado, L., Rodríguez, L. E., y Chamé, V. E. R. (2018). Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México, *Caldasia*, (1), 144-160. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v40n1.68602>

Solís, A., y Kohlmann, B. (2003). New species of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) from Costa Rica and Panama. *Zootaxa*, 139(1), 1-14. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.139.1.1>

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Jorge Maure, por el apoyo en información referente a la finca. Al Ingeniero Orlando Osorio, por el apoyo en la identificación de las especies de plantas arbustivas. Al Magister Rodrigo Cambra, Entomólogo de la Universidad de Panamá por la colaboración en la identificación de los Scarabainae. Dr. Randy Atencio y Karla Solís por su colaboración en la revisión del documento. Al Ing. Alberto Barahona, por confeccionar el mapa de zona de vida. Al Dr. Eliot García, por la revisión del resumen en inglés.



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

VEGETACIÓN ASOCIADA AL GÉNERO *Zelus* FABRICIUS, 1803 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE) EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ¹

*Rubén D. Collantes G.*²; *Alonso Santos M.*³; *Javier E. Pittí C.*⁴;
*Randy Atencio V.*⁵; *Maricsa Jerkovic*⁶

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar las plantas asociadas al género *Zelus* Fabricius, 1803 (Hemiptera: Reduviidae) en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. Se realizaron 12 recorridos aleatorios en dos localidades, desde octubre de 2019 hasta octubre de 2021; revisando hortalizas y vegetación aledaña. Se registraron las diferentes etapas de desarrollo de *Zelus* en las plantas observadas, además de coleccionar especímenes para la identificación en el laboratorio. De acuerdo con los resultados, las dos especies encontradas en Cerro Punta, correspondieron a *Zelus longipes* L., 1767 y *Zelus renardii* Kolenati, 1857. Las plantas en las cuales se observó presencia de *Z. longipes*, correspondieron a naranjo - *Citrus sinensis* (L.), Osbeck, uchuva - *Physalis peruviana* L., romero - *Salvia rosmarinus* (L.) Schleid., 1852, zarzamora - *Rubus glaucus* Bentham, 1846, maní forrajero - *Arachis pintoi* Krapov. y W.C.Greg., 1994 y camote - *Ipomoea batatas* (L.) Lam. Se encontró desde huevo hasta adulto de *Z. longipes* en naranjo en la primera localidad, siendo las moscas (Diptera) las presas cazadas con frecuencia. La vegetación asociada a *Z. renardii*, correspondió a naranjo, mastuerzo - *Tropaeolum majus* L., 1753 y uchuva; encontrando todas sus etapas de desarrollo en la uchuva y se observó depredación de escarabajos de la familia Chrysomelidae. En conclusión, al menos siete especies vegetales en Cerro Punta están asociadas al género *Zelus*, representado por *Z. longipes* y *Z. renardii*. Se observaron todas las etapas de desarrollo de los chinches *Zelus* en dos especies vegetales, las cuales representan un potencial como plantas refugio.

Palabras clave: Depredadores, fauna benéfica, Harpactorini, plantas refugio.

¹Recepción: 29 de octubre de 2021. Aceptación: 20 de mayo de 2022. Proyectos IDIAP: Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Chiriquí. Ph.D. Agricultura Sustentable. e-mail: rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

³Universidad de Panamá - Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Ph.D. Biología. e-mail: santosmurgasa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

⁴IDIAP, CIA Chiriquí. Ph.D. Biología de Organismos. e-mail: pittjavier28@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

⁵IDIAP, CIA Divisa. Ph.D. Entomología. e-mail: randy.atencio@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

⁶Fundación Hrvatska, David-Panamá. MBA. e-mail: maricsajerkovic@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0982-9088>



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

PLANTS ASSOCIATED WITH THE GENUS *Zelus* FABRICIUS, 1803 (HEMIPTERA: REDUVIIDAE) IN CERRO PUNTA, CHIRIQUI, PANAMA

ABSTRACT

The objective of this study was to identify plants species associated with the genus *Zelus* Fabricius, 1803 (Hemiptera: Reduviidae) in Cerro Punta, Chiriquí, Panama. About 12 random samplings were carried out in two locations, from October 2019 to October 2021; checking crops and surrounding vegetation. The different development stages of *Zelus* in the observed plants were recorded, in addition to collecting specimens for identification at laboratory. According to the results, the two species found in Cerro Punta, corresponded to *Zelus longipes* L., 1767 and *Zelus renardii* Kolenati, 1857. The plants in which *Z. longipes* was found were orange - *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, golden berry - *Physalis peruviana* L., rosemary - *Salvia rosmarinus* (L.) Schleid., 1852, blackberry - *Rubus glaucus* Bentham, 1846, peanut - *Arachis pintoi* Krapov. & W.C.Greg., 1994 and sweet potato - *Ipomoea batatas* (L.) Lam.. All development stages of *Z. longipes* were found in orange trees in the first location, being flies (Diptera) the prey frequently hunted. The vegetation associated with *Z. renardii* corresponded to orange, garden nasturtium - *Tropaeolum majus* L., 1753 and golden berry; while, in the second location, *Z. renardii* was found in all of its development stages in golden berry, preying beetles of the Chrysomelidae family. In conclusion, at least seven plant species in Cerro Punta are associated with the genus *Zelus*, represented by *Z. longipes* and *Z. renardii*. All stages of development of *Zelus* bugs were observed in two plant species, which would represent potential as banker plants.

Key words: Banker plants, beneficial fauna, Harpactorini, predators.

INTRODUCCIÓN

Los chinches depredadores, también llamados chinches asesinos, del género *Zelus* Fabricius, 1803 (Hemiptera: Reduviidae), son considerados como aliados estratégicos dentro de la lucha contra diversas plagas que afectan cultivos de importancia estratégica como los frutales, los granos básicos y las hortalizas (Sifuentes et al., 2009; Bahena et al., 2012; Benavides y Góngora, 2020).

Cerro Punta es la principal zona productora de hortalizas frescas en Panamá, además de poseer más de 30 especies de frutales con potencial como alimentos funcionales (Collantes et al., 2021). En estudios previos desarrollados en esta localidad, se reportó la presencia de *Zelus longipes* L. y *Zelus renardii* Kolenati, asociados a uchuva



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 y Pittí, 2019); así como en cítricos y vegetación aledaña a los cultivos, como el romero (*Salvia rosmarinus* (L.) Schleid., 1852) (Collantes y Jerkovic, 2020).

De acuerdo con Giraldo et al. (2011), además de poder identificar estas especies benéficas en el agroecosistema, es necesario apostar por el control biológico por conservación, que consiste en manejar o modificar el ambiente para favorecer la sobrevivencia y desempeño de los enemigos naturales, reduciendo así las poblaciones de insectos plaga. En este sentido, las especies arbóreas y arvenses pueden favorecer el establecimiento de entomofauna benéfica, al proveer refugio y alimento alternativo. Por todo lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue identificar las especies vegetales asociadas al género *Zelus* en Cerro Punta, Chiriquí.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió al corregimiento de Cerro Punta, distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Se seleccionaron dos localidades, que difieren tanto en cultivos como en manejo agronómico: cítricos de traspatio con manejo cultural, en residencia situada en el camino a Las Nubes (UTM: 17 P 325944, 980174, 1862 msnm); cultivos hortícolas con manejo integrado, en la Estación Experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicada en Cerro Punta (UTM: 17 P 327209, 979062, 1952 msnm) (Figura 1). Ambas localidades están separadas por 1,7 km de distancia.

Se realizó un estudio descriptivo y exploratorio. Inició en octubre de 2019 y culminó en octubre de 2021; en total se efectuaron 12 recorridos aleatorios en campo. En ambas localidades, se revisaron las especies de frutales y hortalizas cultivadas, así como vegetación aledaña (Cuadro 1); dando un total de 28 especies de plantas revisadas. Se registraron las diferentes etapas de desarrollo de *Zelus* en las plantas observadas, además de la colecta e identificación de las especies en el laboratorio, consultando los trabajos de Unigarro (1958), Curkovic et al. (2004) y Reyes (2011).



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

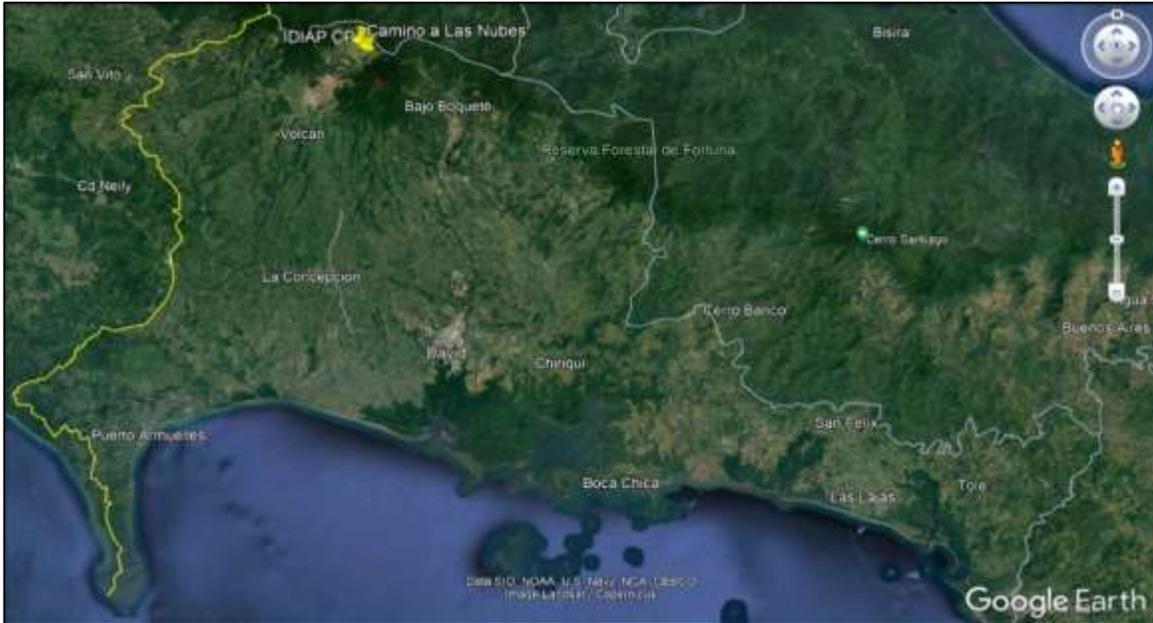


Figura 1. Localidades de estudio en Cerro Punta. Fuente: Google Earth (2021).

Cuadro 1. Cultivos hortícolas y vegetación aledaña revisados por localidad.

Localidad	Especies de frutales y hortalizas	Especies vegetales aledañas
Traspatio, Camino a Las Nubes	<i>Allium cepa</i> L., <i>Citrus limon</i> (L.) Osbeck, <i>Citrus x limonia</i> Osbeck, <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck, <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché 1837, <i>Physalis peruviana</i> L., <i>Psidium cattleianum</i> Afzel. ex Sabine, <i>Rubus glaucus</i> Bentham, 1846	<i>Arachis pintoii</i> Krapov. & W.C.Greg., 1994, <i>Crassula ovata</i> (Miller) Druce, <i>Eucalyptus globulus</i> Labill., 1800, <i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L., <i>Lavandula</i> sp., <i>Mentha</i> sp., <i>Rubus</i> sp., <i>Salvia rosmarinus</i> (L.) Schleid., 1852
Estación Experimental IDIAP Cerro Punta	<i>A. cepa</i> , <i>Brassica oleracea</i> var. capitata L., 1753, <i>Coffea arabica</i> L., <i>C. ficifolia</i> , <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl., 1821, <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam., <i>Lactuca sativa</i> L., <i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir. 1811, <i>P. peruviana</i> , <i>P. cattleianum</i> , <i>R. glaucus</i> , <i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw., <i>Solanum betaceum</i> Cav., <i>Solanum quitoense</i> Lamarck 1793	<i>A. pintoii</i> , <i>C. ovata</i> , <i>Cupressus lusitanica</i> Mill. 1768, <i>Mentha</i> sp., <i>Rubus</i> sp., <i>Salvia officinalis</i> L., <i>S. rosmarinus</i> , <i>Tropaeolum majus</i> L., 1753



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

Las especies de chinches asesinos encontradas en Cerro Punta, correspondieron a *Zelus longipes* (L., 1767) y *Zelus renardii* Kolenati, 1857 (Figura 2); confirmando lo reportado por Collantes y Pittí (2019). *Z. longipes*, se encontró en *P. peruviana* (Figura 2b), *R. glaucus* (Figura 2d), *A. pintoi* (Figura 2e), *I. batata* (Figura 2f), *S. rosmarinus* (Figura 2g) y *C. sinensis* (Figura 3). Camino a Las Nubes, se encontraron todas las etapas de desarrollo de *Z. longipes* en *C. sinensis* (Figura 3), siendo las presas disponibles áfidos (Hemiptera: Aphididae) y moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae). En el caso de *Z. renardii*, se observó su presencia en *C. sinensis* (Figura 2a), *T. majus* (Figura 2c) y *P. peruviana* (Figura 4). En la segunda localidad, se encontró a *Z. renardii* desde huevo hasta adulto en *P. peruviana* (Figura 4), planta en la cual la especie fitófaga predominante fue *Antianthe expansa* (Germar, 1835) (Hemiptera: Membracidae) (Figura 5); además se observó depredación de moscas Phoridae (Diptera) (Figura 2a) y escarabajos Chrysomelidae (Coleoptera) (Figura 2c).



Figura 2. Especies vegetales asociadas al género *Zelus*: a) Naranja dulce; b) Uchuva; c) Mastuerzo; d) Zarzamora; e) Maní forrajero; f) Camote; g) Romero.



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. Estados de *Zelus longipes* en naranjo: a) Huevos; b) Ninfas recién emergidas; c) Ninfas 3 y 4; d) Adulto.



Figura 4. Estados de *Zelus renardii* en uchuva.: a) Huevos; b) Ninfa; c) Adulto.



Figura 5. Ninfas y adultos de *Antianthe expansa* en *Physalis peruviana*.



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

Como plagas importantes que pueden ser controladas por *Z. longipes*, se tienen *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), los géneros *Diabrotica*, *Cerotoma*, *Systema* (Coleoptera: Chrysomelidae), *Empoasca*, *Draeculacephala* (Hemiptera: Cicadellidae), además de algunos Membracidae (Hemiptera), según Unigarro (1958).

Durante el desarrollo de la investigación, se observó presencia de Cicadellidae y Chrysomelidae en el cultivo de camote, que fue una de las plantas donde se encontró adultos de *Z. longipes*, pero sin formas inmaduras. Adicional, el que *A. expansa* se encontró de forma frecuente y abundante en uchuva, explicaría en parte que *Z. renardii* completara sus etapas de desarrollo en dicha planta. Esto confirmaría la capacidad de adaptación de *Zelus*, alternando entre diferentes especies vegetales para habitar y asechar a sus presas.

Sobre el orden Diptera, *Z. longipes* se puede alimentar de moscas de las familias Bibionidae y Scatopsidae en sus primeros estadios ninfales; siendo además parte de sus presas las especies *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Drosophilidae), *Musca domestica* L., 1758, *Stomoxys calcitrans* L., 1758, *Haematobia irritans* L., 1758 (Muscidae), *Cochliomyia* (= *Callitroga*) *macellaria* (Fabricius, 1794) (Calliphoridae) y controla eficazmente moscas minadoras (Agromyzidae); pudiendo alimentarse de otras moscas de ser necesario (Unigarro, 1958). También, ante situaciones de extrema necesidad, puede cazar saltamontes (Orthoptera), pequeños e inclusive arañas (Araneae). Particularmente, en el romero se observó un complejo de interacciones, en las cuales las especies de arañas *Leucauge venusta* (Walkenaer, 1841) (Tetragnathidae) y *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Araneidae), eran abundantes y coexistían con *Z. longipes*.

Se pudo evidenciar a *Z. longipes* depredando a *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae), lo cual concuerda con Unigarro (1958) y que fue previamente documentado en Cerro Punta por Collantes y Jerkovic (2020). Sin embargo, al ser un estudio de corte exploratorio, en el cual se ha registrado la presencia de *Zelus* en diferentes especies vegetales, así como las posibles interacciones tróficas que ocurren en el agroecosistema, se requiere a futuro ahondar en estudios que permitan medir la eficacia de este depredador en el área. Se observó un grupo de ninfas recién emergidas de *Z. longipes* en naranjo con presencia marcada de insectos del Orden Hemiptera, que fueron atacadas por hormigas (Hymenoptera: Formicidae) (Figura 4b); lo cual reafirma la relación



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

mutualista entre Hemiptera y Formicidae, presentada por Vergara et al. (2007). Sin embargo, Mera et al. (2010), resaltaron el importante rol que desempeñan las hormigas para el control biológico natural de plagas en café, como *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae).

Si bien los principales rubros producidos en Cerro Punta son las hortalizas, el poder contar con un complejo de depredadores con capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas, representa un potencial como alternativa de manejo para otras plagas de interés como *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), vector de la bacteria *Candidatus liberibacter asiaticus* (Jagoueix et al., 1994) (CLas), que causa la enfermedad de Huanglongbing (HLB) en cítricos y que en Panamá ha tomado relevancia por su potencial impacto sobre la citricultura nacional (Atencio et al., 2021).

A la fecha, se tiene registro de más de 100 especies de enemigos naturales de *D. citri*, incluyendo los depredadores generalistas *Z. longipes* y *Zelus nugax* Stål, 1862, pero son menos eficientes en el control al compararlos con el parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) y los depredadores *Chrysopa* spp. (Neuroptera: Chrysopidae) (Kondo et al., 2017; Atencio et al., 2021). Por otro lado, estudios realizados sobre *Zelus* spp., como enemigo natural de *D. citri* (Reyes, 2011), incluida la detección de ADN dentro del contenido intestinal del chinche (Albores, 2016) y evaluaciones iniciales de multiplicación del insecto (Barrera et al., 2010); sirven como referencia sobre su función como depredadores generalistas en los agroecosistemas, siendo meritorio investigar su eficacia con otros grupos de insectos plagas.

En este sentido, la presencia de los depredadores como *Zelus* spp. en los ecosistemas es fundamental para la regulación de poblaciones de artrópodos considerados plagas en muchos cultivos. Estudios a futuro podrían permitir ahondar sobre las presas de mayor preferencia para *Zelus* presentes en Panamá; considerando aprovechar su potencial como depredador con insectos de mayor tamaño (inmaduros y adultos), así como con insectos plaga con mayor población que permitan un mejor desarrollo nutricional del chinche (Wiedenmann, 1992; González et al., 2014).



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

Respecto al manejo agronómico, los cítricos de traspatio no reciben ningún tratamiento fitosanitario, lo cual es concordante con el sistema de producción tradicional (Aguilera, 2016). Sin embargo, dichas plantas colindan con cultivos comerciales de hortalizas, en los cuales se realiza manejo agronómico convencional. Por otro lado, en las áreas con hortalizas de la Estación Experimental del IDIAP Cerro Punta, se realizan diversas labores culturales, fitosanitarias y nutricionales; orientadas hacia un manejo integrado del cultivo, próximo a la propuesta de Cisneros (2010). Además, en las cercanías de los cultivos hortícolas hay vegetación silvestre y cercas vivas, que pueden servir como refugio de fauna benéfica (Collantes et al., 2022); lo cual explicaría en parte la supervivencia de estas especies en los agroecosistemas productivos.

Todo lo expuesto justifica la necesidad de crear las condiciones necesarias, mediante plantas refugio, para que especies de *Zelus* puedan establecerse próximas o dentro de agroecosistemas y formen parte de la entomofauna de depredadores generalistas (Vila et al., 2010); que pueden contribuir a mitigar el establecimiento de diversas plagas en cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria del país.

CONCLUSIÓN

- Al menos siete especies vegetales en Cerro Punta están asociadas al género *Zelus* Fabricius, 1803; el cual está representado por *Z. longipes* y *Z. renardii*. Adicional, se observaron todas las etapas de desarrollo de los chinches *Zelus* en dos especies vegetales, naranjo y uchuva, las cuales representarían potencial como plantas refugio y contribuirían a futuro con la posibilidad de implementar control biológico por conservación en los agroecosistemas productivos de las tierras altas chiricanas.

RECOMENDACIÓN

Dar seguimiento a este tipo de investigaciones, con especial atención hacia las interacciones tróficas en el agroecosistema. Considerando además el predominio del manejo convencional, es meritorio crear consciencia en cuanto al uso racional de los plaguicidas de síntesis, a fin de no comprometer el establecimiento y desarrollo de la fauna benéfica.



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

- Albores, C. (2016). *Detección del ADN de Diaphorina citri (Hemiptera: Liviidae) en el contenido intestinal de Zelus renardii (Hemiptera: Reduviidae)*. [Tesis de Maestría], El Colegio de la Frontera Sur, México. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1893/1/100000057839_documento.pdf
- Aguilera, V. (2016). *Enfermedades fúngicas de los cítricos en Panamá. Estudio particular de la mancha grasienta causada por Mycosphaerellaceae*. [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia-ES. 196 pp. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61447/AGUILERA%20-%20ENFERMEDADES%20F%EF%BF%BDNGICAS%20DE%20LOS%20C%EF%B%BDTRICOS%20EN%20PANAM%EF%BF%BD.%20ESTUDIO%20PARTICULAR%20DE%20LA%20MANCHA%20GRASI....pdf?sequence=1>
- Atencio, R., Aguilera, V. A., y Arcia, A. A. (2021). Actualidad de la Enfermedad del Huanglongbing (HLB) de los Cítricos en Panamá. *Actualidad Agropecuaria*. Septiembre, 268, 8-18. <https://actualidadagropecuaria.com/revista-digital-actualidad-agropecuaria-septiembre-2021/>
- Bahena, F., Velázquez, J., y Báez, A. (2012). *Manejo Agroecológico de plagas en trigo para una Agricultura de Conservación en el valle Morelia-Queréndaro*. Folleto Técnico Núm. 30. Campo Experimental Uruapan. CIRPAC. INIFAP. 74p. <https://www.compucampo.com/tecnicos/manejoagroecologicoplagas-trigo-mich.pdf>
- Barrera, J. F., Gómez-Ruiz, J., y Herrera-Muñoz, J. (2010). *Biología y método de cría de Zelus renardii (Hemiptera: Reduviidae), enemigo natural de Diaphorina citri (Hemiptera: Psyllidae)*. 1^{er} Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, 277-291. <https://sites.google.com/site/diaphorina/simposioh1b1>
- Benavides, P., y Góngora, C. E. (Eds.). (2020). *El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0001>



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

- Cisneros, F. (2010). El Manejo Integrado de Plagas. *Control de Plagas Agrícolas, Fascículo 13*. https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/Control_de_Plagas_Agricolas_MIP_Ene_2010.pdf
- Collantes, R., y Pittí, J. (2019). Insectos asociados al aguaymanto en Cerro Punta, Chiriquí-Panamá. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 147-160. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.638>
- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020). Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(1), 48-58. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.680>
- Collantes, R., Pittí, J., Jerkovic, M., y Atencio, R. (2021). Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 2(1), 1-11. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2460/2246
- Collantes, R., Pittí, J., Santos-Murgas, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022). *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae): plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2).
- Curkovic, T., Araya, J. E., Baena, M., y Guerrero, M. A. (2004). Presencia de *Zelus renardii* Kolenati (Heteroptera: Reduviidae) en Chile. *Boln. S. E. A.* 34, 163-165. http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_34/B34-027-163.pdf
- Giraldo, M., Galindo, L., Benavides, P., y Forero, D. (2011). *Aprenda a conocer las chinches depredadoras de plagas del café*. FNC-CENICAFE, CO. 8 p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.33299.07201>
- González, M. L., Jahnke, M., Morais, R. M., y Da Silva, G. (2014). Diversidad de insectos depredadores en área orizícola orgánica y de conservación, en Viamão, RS, Brasil. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(1), 120-128. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882014000100020



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 Earth Pro. (2022). Versión 7.3.4.8573 (64-bit). [kh.google.com](https://www.kh.google.com)

Kondo, T., González, G., y Guzmán, Y. C. (2017). Enemigos naturales de *Diaphorina citri*. En: T. Kondo (Ed.). *Protocolo de cría y liberación de Tamarixia radiata (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae)*, (pp. 23-34). Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) Editorial, Colombia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1431/1/10086_67785.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mera, Y., Gallego, M., y Armbrecht, I. (2010). Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(1), 116-126. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v36n1/v36n1a20.pdf>

Reyes, A. (2011). *Análisis de Hirsutella citrififormis Speare (Ascomycota: Hypocreales) y Zelus longipes Linneo. (Het., Reduviidae) como enemigos naturales de Diaphorina citri Kuwayama*. [Tesis de Pregrado], Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. 63 p. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4334/T18909%20%20REYES%20MARTINEZ,%20ANA%20YELLY%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Sifuentes I., E., Macias C., J., Apodaca S., M. A., y Cortez M., E. (2009). *Predicción de la fenología de papa (principios y aplicaciones prácticas)*. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 32. Los Mochis, Sinaloa, México. 54 p. <https://www.compucampo.com/tecnicos/prediccionfenologia-papa.pdf>

Unigarro P., A. (1958). Biología del Predador *Zelus longipes* Linneo (Hemiptero: Reduviidae) en el Valle del Cauca. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 18(51), 53-82. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30293>

Vergara, E., Echavarría, H., y Serna, F. (2007). Hormigas (Hymenoptera Formicidae) asociadas al arboretum de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. *Boletín*



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

Sociedad Entomológica Aragonesa, 40, 497-505. http://sea-entomologia.org/Publicaciones/PDF/BOLN40/497_505BSEA40HormigasColombia.pdf

Vila, E., Soler, A., y Parra, A. (2010). *El control biológico de plagas con el uso de plantas refugio: Desarrollo de un nuevo sistema para el control de pulgones*. *Phytohemeroteca*. 222. <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/222-octubre-2010/el-control-biologico-de-plagas-con-el-uso-de-plantas-refugio-desarrollo-de-un-nuevo-sistema-para-el-control-de-pulgones>

Wiedenmann, R. (1992). El potencial de los depredadores generalistas para control biológico. *Ceiba*, 33(1), 27-37. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3748/1/05.pdf>

AGRADECIMIENTO

A los compañeros de la Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta, por su colaboración constante. Al Equipo Editorial de la Revista Ciencia Agropecuaria del IDIAP, por la atención y seguimiento brindados al presente trabajo. A la Fundación Hrvatska, por el apoyo logístico brindado.



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

POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO SIMPLE ASOCIADOS A VARIABLES AMBIENTALES EN EL GENOMA DE BOVINOS CRIOLLOS PANAMEÑOS¹

*Axel Villalobos-Cortés²; Ginnette Rodríguez-Espino³; Manuel Murillo-Alcedo⁴;
Hilda Castillo-Mayorga⁵; Selma Franco-Schafer⁶*

RESUMEN

El cambio climático se define como las variaciones espaciales, tanto a nivel local y global y de carácter temporal de las variables climáticas ambientales en la Tierra. En relación con esta problemática y las especies que sufren estos efectos, existe un fenómeno denominado plasticidad fenotípica, que se define como la propiedad de un genotipo para originar diferentes fenotipos, según las condiciones del medio circundante, ya sean bióticos o abióticos. Aprovechando el análisis de Polimorfismo de Nucleótido Simple (SNP) en bovinos, actualmente es posible escanear el genoma en busca de regiones involucradas en la adaptación al entorno local. Estas especies domésticas se presentan como modelos biológicos para describir la respuesta a corto plazo de presiones de tipo abiótico, como el clima, durante su migración desde los centros de domesticación y su dispersión hacia nuevos ecosistemas y su diversificación en poblaciones o razas debido a la selección natural, artificial y la deriva genética. El objetivo de este trabajo fue identificar polimorfismos de nucleótido simple de genes asociados a variables ambientales en bovinos criollos Guaymí y Guabalá. Mediante un arreglo de 10K marcadores de SNP, se calcularon parámetros de diversidad como el porcentaje de loci polimórficos, heterocigosis observada y esperada, número efectivo de alelos (N_e), las desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg por población, frecuencias alélicas, índices de fijación de Wright e índice de diversidad de Shannon. El número de loci polimórficos asociados a variables ambientales sugiere que estas razas todavía retienen capacidad adaptativa mediante mecanismos de plasticidad fenotípica al medio local donde se desenvuelven.

Palabras claves: Bioinformática, biotecnología, genómica, ganadería, secuenciación.

¹Recepción: 25 de abril de 2022. Aceptación: 3 de octubre de 2022. Proyecto Innovative Management of Animal Genetic Resources (IMAGE), programa marco Horizonte 2020. Financiado parcialmente por fondos del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención n.º 677353, de igual manera con fondos parciales del Sistema Nacional de Investigación de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT).

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA), Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: villalobos.axel@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4223-0560>

³IDIAP, Estación Experimental El Ejido, Panamá. M.Sc. Producción Animal.

⁴Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IMELCF). Laboratorio Biomolecular. Lic. en Biotecnología.

⁵Universidad Tecnológica. Estudiante de Doctorado.

⁶IDIAP, Divisa-Panamá. Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. en Epidemiología Veterinaria.



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

SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS ASSOCIATED WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES IN THE GENOME OF PANAMANIAN CREOLE BOVINE

ABSTRACT

Climate change is defined as the spatial, both local and global, and temporal variations of environmental climatic variables on Earth. In relation to this problem and the species that suffer these effects, there is a phenomenon called phenotypic plasticity, which is defined as the property of a genotype to originate different phenotypes, depending on the conditions of the surrounding environment, whether biotic or abiotic. Taking advantage of Single Nucleotide Polymorphism (SNP) analysis in cattle, it is now possible to scan the genome for regions involved in adaptation to the local environment. These domestic species are presented as biological models to describe the short-term response to abiotic-type pressures, such as climate, during their migration from the centers of domestication and their dispersal to new ecosystems and their diversification in populations or races due to natural selection, artificial and genetic drift. The objective of this work was to identify single nucleotide polymorphisms of genes associated with environmental variables in Guaymí and Guabalá Creole cattle in Panama. An array of 10,000 SNP markers was used to calculate diversity parameters such as the percentage of polymorphic loci, observed and expected heterozygosity, effective number of alleles (N_e), deviations from the Hardy-Weinberg equilibrium by population, allelic frequencies, indices of Wright fixation, Shannon diversity index. The number of polymorphic loci associated with environmental variables suggest that these breeds still retain adaptive capacity through mechanisms of phenotypic plasticity, to the local environment where they live.

Key words: Bioinformatics, biotechnology, genomics, livestock, sequencing.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se define como las variaciones espaciales, tanto a nivel local y global y de carácter temporal de las variables climáticas ambientales en la Tierra (Rovelli et al., 2020). Sobre este tema, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático o IPCC, ha informado que los gases de efecto invernadero del tipo antropogénico (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y halocarbonos), han sido responsables de la mayor parte del aumento de temperatura y ha estimado que su media global ha sufrido un incremento del 0,7° C en los últimos 100 años (Cassandro, 2020).

En relación con esta problemática y las especies que sufren estos efectos, existe un fenómeno denominado, plasticidad fenotípica (PF) que se define como la propiedad 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/).

un genotipo para originar diferentes fenotipos, según las condiciones del medio circundante, ya sean bióticos o abióticos (Alford et al., 2006; La Fuente y Beldade, 2019). La PF es un factor que tiene la capacidad de influir y modificar los organismos animales y vegetales aumentando su adaptación al cambio climático (Lacetera et al., 2009). Sobre el particular, el polifenismo, un subtipo de plasticidad fenotípica (Yang y Popsiplik, 2019) se define como un fenotipo discreto inducido por diferencias en el entorno (Price et al., 2003; Kelly et al., 2012). La PF es uno de los mecanismos de respuesta a la variabilidad ambiental más importante, ya que les permite a los organismos enfrentar el cambio climático incluyendo el cambio climático global (Bonamour et al., 2019).

Algunos autores plantean la posibilidad de que la plasticidad fenotípica tenga un papel importante en la colonización de nuevos ambientes y áreas geográficas (Davidson et al., 2011; Lande, 2015). Sin embargo, esto dependerá de que exista una PF adaptativa para que haya una gran probabilidad que una población en particular persista en este nuevo ambiente (Chevin et al., 2010). Aprovechando el análisis de SNP en bovinos, actualmente es posible escanear el genoma en busca de regiones involucradas en la adaptación al entorno local. Con ese fin, los análisis de Genome-Environment Association (GEA) han facilitado la identificación de variantes genéticas asociadas con covariables ambientales específicas de la población (De Villemereuil y Gaggiotti, 2015; Gautier, 2015; Flori et al., 2019). Especies domésticas como la *Bos taurus* se presentan como modelos biológicos para describir la base genética de la respuesta a corto plazo a presiones de tipo abiótico, como el clima, durante su migración desde los centros de domesticación y su dispersión hacia un amplio rango de nuevos ecosistemas y su diversificación en poblaciones o razas debido a la selección natural, artificial y la deriva genética (Flori et al., 2019).

Dentro de las especies animales se han logrado identificar genes que están vinculados a PF y resiliencia a efectos abióticos como estrés calórico, por ejemplo, el gen receptor de la prolactina, PRLR (Porto-Neto et al., 2018), que representa una oportunidad para su caracterización y de cómo podrían ser utilizados para enfrentar los efectos del cambio climático en el ganado bovino (Archana et al., 2017; Li et al., 2019; Cassandro, 2020). El objetivo de este trabajo fue identificar polimorfismos de nucleótido simple de genes asociados a variables ambientales en bovinos criollos 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/).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron polimorfismos de 36 marcadores SNP de 19 genes en 12 cromosomas, obtenidos de 34 muestras de ganado Criollo Guabalá (15) y Guaymí (19) seleccionados de un arreglo de 10,000 marcadores SNP en secuenciador de ADN de la empresa Affymetrix, como parte del proyecto sobre Manejo Innovador de Recursos Genéticos Animales (IMAGE) auspiciado por la FAO. Se tomaron muestras de 5 mL de sangre venosa de la zona yugular de cada animal en tubos con EDTA y se colocaron en un contenedor con hielo, hasta su llegada al laboratorio, para su procesamiento inmediato.

La extracción de ADN se realizó mediante el kit comercial, DNeasy Blood and Tissue de Qiagen (Alemania) obteniendo una concentración media de 45 ng/mL y un volumen de 50 μ L por muestra, con una cantidad total de 2,5 μ g de ADN y se enviaron a la empresa Affymetrix en Holanda para sus análisis, cumpliendo previamente con el protocolo de Nagoya sobre Acceso y Participación en los Beneficios de los recursos genéticos (Secretariat of the Convention on Biodiversity, 2011), mediante un acuerdo de transferencia de materiales (MTA) entre el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá y la Universidad de Wageningen. De los 10,000 SNP seleccionados, 8,416 cumplieron con los criterios de control de calidad de la empresa. Todos los SNP se alinearon con el genoma de referencia UMD 3.1.1 (Elsik et al., 2016).

Los resultados fueron obtenidos en formato Variant Call Format VCF, estos se validaron y se transformaron a formato Genetic Data Análisis (GDA) mediante el programa PGDSpider 2.1.1.5 (Lischer y Excoffier, 2012) convirtiéndolos a formato de texto y Microsoft Excel®.

Para verificar la posición de los SNP en su respectivo cromosoma, se utilizó inicialmente, el programa Integrative Genome Viewer IGV v2.9.4.03, una herramienta interactiva de alto rendimiento y fácil de usar para la exploración visual de datos genómicos con sede en la Universidad de California en San Diego y el Instituto Broad de Harvard (Robinson et al., 2011) y se comparó en paralelo con el Genome Data Viewer del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) con sede en los Estados Unidos, mediante el mismo genoma de referencia UMD 3.1.1.(Rangwala et al., 2021). Aquellos SNP que contaban con número de referencia (RefSNP), se utilizaron para ubicarlos en la posición



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

del genoma de referencia ARS.UCD.1.2 mediante el proyecto Ensembl (Hubbard et al., 2002) con sede en Cambridge, Reino Unido, creado para desarrollar un sistema de software que produzca y mantenga anotaciones automáticas en genomas eucariotas (Howe et al., 2021) y el Archivo Europeo de variaciones, EVA del Instituto Europeo de Bioinformática en Hixton, Reino Unido (Cezard et al., 2021).

Para evaluar la variabilidad genética dentro de cada población, se calcularon los siguientes parámetros: porcentaje de loci polimórficos, heterocigosis observada y esperada (H_o , H_e), número efectivo de alelos (N_e), las desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg (HW) por población, frecuencias alélicas, índices de fijación F_{is} , F_{st} y F_{it} , que describen la variación genética a nivel intrapoblacional (F_{is}), entre poblaciones (F_{st}) y total (F_{it}) e índice de diversidad de Shannon (Weir y Cockerham, 1984). Para el análisis de variabilidad genética descrito anteriormente se utilizaron los programas GENETIX v. 4.02 (Belkhir et al., 2004), GenAEx 6.501 (Peakall y Smouse 2012) y ARLEQUIN ver 3.5. (Excoffier et al., 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las frecuencias alélicas de variantes polimórficas analizadas mostraron que, de los 36 alelos estudiados, todos fueron utilizables (Cuadro 1). En la raza Guabalá se obtuvo 66,7% de loci polimórficos (24) y en la raza Guaymí 83,3% de loci polimórficos (30). A excepción de las dos variantes del gen FB1 (10: 62054844 y 10: 62141462) y PRLR (20: 39136666), en todas las variantes se identificaron las respectivas secuencias de referencia (RefSNP). El porcentaje de loci polimórficos en la raza Guaymí fue similar a las reportadas por Edea et al. (2013) en ganado bovino de Etiopía (83,4%) y menor al del ganado Hanwoo de Korea (94%). La raza Guabalá presentó menores valores de polimorfismos respecto a la Guaymí y las razas previamente mencionadas. El polimorfismo o variación genética es un principio universal que le proporciona a los seres vivos mecanismos de adaptación frente a efectos bióticos o abióticos, por lo tanto, mientras más loci polimórficos exista en una población, mayor probabilidad de adaptación tendrá, incluyendo el mejoramiento de dicha especie (Rimieri, 2017).

En la raza Guabalá, se observó que 33,3% de los alelos evaluados resultaron monomórficos, en las variantes del gen MED12L rs42432959 (G), HSF2BP rs41643488



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

(G), LEF1 rs43708820 (C), FBN1 10: 62054844 (G), FBN1 10:62141462 (G), CTNNA2 rs29013419 (G), CTNNA2 rs110528191 (T), CTNNA2 rs41668252 (C), KCNH1 rs41829951 (G), PRLR 20:39,136,666 (C) y NRG1 rs42127055 (A) y 11.1% en la raza Guaymí LEF1 rs43708820 (C), FBN144 10: 62054844 (G), FBN1 10:62141462 (G), SMYD3 rs41799745 (G), SMYD3 rs41799658 (C), PRLR 20:39,136,666 (C). En cuanto a la prueba de chi cuadrado (χ^2) para el equilibrio HW, todas las variantes resultaron no significativas ($P>0,05$), a excepción de la variante rs41565994 del gen CTNNA2 ($P<0,001$) en la raza Guabalá. Llama la atención el marcador del gen PRLR (C) o Slick 2 (<https://www.omia.org/OMIA001372/9913/>) en la posición 20:39,136,666, el cual fue reportado como SNP polimórfico en las razas Carora, Limonero y Romosinuano, el cual le atribuyen por evolución convergente, el genotipo slick al nucleótido T (Porto-Neto et al., 2018; Johnsson y Jungnickel, 2021). Sin embargo, no se descarta la presencia que existan otras variantes del gen Slick que puedan explicar la adaptación de estas dos razas al clima tropical, no observadas en este trabajo (Littlejohn et al., 2014; Porto-Neto et al., 2018; Florez-Murillo et al., 2021).

Los valores de diversidad genética tomando en cuenta los sitios polimórficos en el genoma de las razas Guaymí y Guabalá mostró que el valor más alto de N_e se encontró en el locus rs41624677 de SPAG17, $N_e = 1,989$. El locus que mostró el Índice de Shannon con el valor más alto se localizó en el gen SMYD3, rs42383968, $I = 0,690$. Los mayores valores de H_o se observaron en el marcador rs41799830 del gen SMYD3 ($H_o = 0,616$). En cuanto a H_e , el marcador rs41624677 del gen SPAG17 mostró los mayores valores ($H_e = 0,497$) y los menores valores en N_e , I , H_o y H_e se obtuvieron en el locus rs110528191 de CTNNA2, con 1,027; 0,061; 0,026 y 0,026, respectivamente. El índice F de la mayoría de las variantes polimórficas resultó negativo, evidenciando un exceso de heterocigotos (Cuadro 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. Frecuencias alélicas de variantes polimórficas de genes asociados a variables ambientales de las razas Guaymí y Guabalá en Panamá.

Locus	Alelo	GUA	GUY	Locus	Alelo	GUA	GUY
rs41580133	C	0,167	0,605	rs109875744	C	0,933	0,500
	T	0,833	0,395		T	0,067	0,500
rs42432959	A	0,000	0,237	rs109169231	A	0,067	0,158
	G	1,000	0,763		G	0,933	0,842
rs41643488	A	0,000	0,132	rs29010281	C	0,400	0,974
	G	1,000	0,868		T	0,600	0,026
rs42482471	A	1,000	0,921	rs110857876	A	0,800	0,500
	G	0,000	0,079		G	0,200	0,500
rs41624677	A	0,500	0,447	rs110400380	A	0,200	0,263
	G	0,500	0,553		G	0,800	0,737
rs41621541	G	0,900	0,632	rs110942324	A	0,500	0,025
	T	0,100	0,368		C	0,500	0,975
rs41565994	G	0,933	0,289	rs41799745	A	0,467	0,000
	T	0,067	0,711		G	0,533	1,000
rs211690801	A	0,600	0,579	rs41799830	A	0,633	0,632
	G	0,400	0,421		G	0,367	0,368
rs29013419	G	1,000	0,737	rs41799658	C	0,533	1,000
	T	0,000	0,263		T	0,467	0,000
rs110528191	C	0,000	0,026	rs41797772	A	0,633	0,053
	T	1,000	0,974		G	0,367	0,947
rs41668252	C	1,000	0,763	rs42383968	A	0,533	0,421
	T	0,000	0,237		G	0,467	0,579
rs41663399	A	0,033	0,053	rs29013977	A	0,400	0,289
	G	0,967	0,947		G	0,600	0,711
rs41663416	C	0,800	0,842	rs41829951	G	1,000	0,947
	T	0,200	0,158		T	0,000	0,053
rs41584429	G	0,800	0,474	rs29019767	A	0,467	0,368
	T	0,200	0,526		G	0,533	0,632
rs109165924	A	0,100	0,789	rs42001169	A	0,567	0,579
	G	0,900	0,211		G	0,433	0,421
rs29017684	C	0,867	0,816	rs42127055	A	1,000	0,553
	T	0,133	0,184		G	0,000	0,447

GUA: Guabalá; GUY: Guaymí

El Ne obtenido para la raza Guabalá fue de 1,415 mientras que para la Guaymí fue de 1,493, ambos valores son menores a los reportados por Edea et al. (2013) para las razas indígenas Ambo (1,545), Arsi (1,532), Borana (1,512), Danakil (1,509) y Horro (1,544) de Etiopía y Hanwoo (1,700) de Korea. El índice de diversidad de Shannon en las razas Guabalá (0,342) y Guaymí (0,420) comparadas con las razas antes mencionadas fue alto



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 y menores a los reportados por Domínguez-Viveros et al. (2021) en las razas Hereford (0,607), Brangus (0,623) y Limousin (0,643).

Considerando los loci polimórficos en la raza Guabalá los resultados de Ho, He fueron 0,241 y 0,234, respectivamente. En la raza Guaymí, Ho, He fueron de 0,314 y 0,282, respectivamente, similares a los reportados por Edea et al. (2013) pero menores a los reportados por Domínguez-Viveros et al. (2021) en México. Sin embargo, los valores de Ho y He de las razas Guaymí y Guabalá, son mayores a los reportados por Bhuiyan et al. (2021) en las razas indígenas de Bangladesh, como la Red Chittagong (0,250; 0,209), Pabna (0,211; 0,176), Deshi (0,211; 0,185), North Bengal Grey (0,209; 0,175) y Sahiwal (0,226; 0,188). El valor de Fis resultó negativo, -0,016 en Guabalá y -0,097 en Guaymí. Valores negativos de Fis fueron reportados por Pariset et al. (2010) en poblaciones bovinas podólicas como el Gris Húngaro (-0,0480), Maremana (-0,0718) y Piemontesa (-0,0202) e evidenciando un exceso de heterocigotos en los marcadores, sin que se demuestren desviaciones significativas de equilibrio Hardy Weinberg ($P > 0,05$).

En cuanto a los estadísticos F calculados para ambas poblaciones, los valores Fis, Fit y Fst fueron -0,057, 0,069 y 0,132, respectivamente. El índice Fit es mayor al reportado por Edea et al. (2012) en razas locales de Etiopía (0,016). El índice de fijación Fst es alto comparado a los reportados en estudios realizados en microsatélites para ambas razas por Villalobos-Cortés et al. (2010), quienes reportaron un Fst de 0,068, pero deben ser consideradas las diferencias entre los marcadores y el número de cromosomas utilizados en este estudio. Estas diferencias sugieren que para ambas poblaciones pudieron ocurrir distintos mecanismos de selección.

En el caso de la raza Guabalá los mecanismos de aislamiento reproductivo se realizaron sobre la base de hatos cerrados, mientras que en la raza Guaymí fueron por efecto de un aislamiento geográfico en las áreas montañosas. También, las largas distancias entre los asentamientos ganaderos indígenas de la comarca Ngäbe-Buglé y fincas donde se crían con razas “mejoradas” como en Chiriquí y Veraguas, disminuyeron la probabilidad de cruzamientos.



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. Media de Ne, I, H, He e Índice F de polimorfismo de genes asociados de variables ambientales de razas Guaymí y Guabalá en Panamá.

Gen	Variante	Ne	I	Ho	He	F
MED12L	rs41580133	1,650	0,561	0,456	0,378	-0,210
	rs42432959	1,283	0,274	0,132	0,181	0,272
HSF2BP	rs41643488	1,148	0,195	0,132	0,114	-0,152
ADGRL2	rs42482471	1,085	0,138	0,079	0,073	-0,086
SPAG17	rs41624677	1,989	0,690	0,604	0,497	-0,212
LEF1	rs41621541	1,545	0,492	0,416	0,323	-0,234
CTNNA2	rs41565994	1,420	0,423	0,184	0,268	0,552
	rs211690801	1,937	0,677	0,530	0,484	-0,095
	rs29013419	1,317	0,288	0,211	0,194	-0,086
	rs110528191	1,027	0,061	0,026	0,026	-0,027
	rs41668252	1,283	0,274	0,237	0,181	-0,310
	rs41663399	1,090	0,176	0,086	0,082	-0,045
	rs41663416	1,416	0,468	0,305	0,293	-0,021
	rs41584429	1,733	0,596	0,411	0,409	-0,047
HSPH1	rs109165924	1,359	0,420	0,258	0,256	-0,031
FAM107B	rs29017684	1,365	0,435	0,318	0,266	-0,190
TSNARE1	rs109875744	1,571	0,469	0,409	0,312	-0,220
PREX2	rs109169231	1,252	0,341	0,225	0,195	-0,129
RALYL	rs29010281	1,489	0,397	0,226	0,266	0,070
	rs110857876	1,735	0,597	0,489	0,410	-0,204
	rs110400380	1,552	0,538	0,344	0,354	0,040
	rs110942324	1,523	0,406	0,160	0,275	0,219
SMYD3	rs41799745	1,496	0,345	0,200	0,249	0,196
	rs41799830	1,869	0,658	0,616	0,465	-0,325
	rs41799658	1,496	0,345	0,200	0,249	0,196
	rs41797772	1,489	0,432	0,219	0,282	0,113
	rs42383968	1,971	0,686	0,530	0,493	-0,075
LAMC1	rs29013977	1,811	0,637	0,504	0,446	-0,131
KCNH1	rs41829951	1,055	0,103	0,053	0,050	-0,056
SUZ12	rs29019767	1,931	0,675	0,582	0,482	-0,214
ZKSCAN7	rs42001169	1,958	0,682	0,511	0,489	-0,043
NRG1	rs42127055	1,489	0,344	0,342	0,247	-0,384

Ne: Número Efectivos de Alelos; I: Índice de Shannon; Ho: Heterocigosis observada; He: Heterocigosis observada; F: Índice de fijación.

Otro efecto importante fue las limitaciones en el Ne por el bajo número de sementales, como se puede demostrar, observando el bajo número de haplotipos del cromosoma Y (Ginja et al., 2019), llevando a la formación de estas razas. Sin embargo, al observar el porcentaje de sitios polimórficos de este grupo de genes se podría asumir que todavía existe diversidad genética intrapoblacional en las razas Guaymí y Guabalá, que les permiten activar sus mecanismos de plasticidad ante posibles cambios ambientales 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/).

favorables. Por lo tanto, se requiere profundizar en estudios de asociación de genoma (GWAS) para determinar con precisión este tipo de relaciones.

CONCLUSIÓN

- Se logró estudiar, por primera vez en Panamá, la variabilidad genética de 36 polimorfismos de nucleótido simple de 19 genes asociados a variables ambientales de las razas Guaymí y Guabalá. El polimorfismo observado en estas razas es similar a lo reportado en razas locales de otras regiones. El alto número de loci polimórficos asociados a variables ambientales sugieren que estas razas todavía retienen capacidad adaptativa mediante mecanismos de plasticidad fenotípica, al medio local donde se desenvuelven.

REFERENCIAS

- Alford, A. R., Hegarty, R. S., Parnell, P. F., Cacho, O. J., Herd, R. M., y Griffith G. R. (2006). The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emissions from the Australian beef industry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 813-820. <https://doi.org/10.1071/EA05300>
- Archana, P. R., Aleena, J., Pragna, P., Vidya, M. K., Abdul, Niyas, P. A., Bagath, M., Krishnan, G., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E.K., Sejian, V., y Bhatta, R. (2017). Role of heat shock proteins in livestock adaptation to heat stress. *J Dairy Vet Anim Res*. 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2017.05.00127>
- Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N., y Bonhomme, F. (2004). GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier. <https://kimura.univ-montp2.fr/genetix/>
- Bhuiyan, M. S. A., Lee, S.-H., Hossain, S. M. J., Deb, G. K., Afroz, M. F., Lee, S. H., y Bhuiyan, A. K. F. H. (2021). Unraveling the Genetic Diversity and Population Structure of Bangladeshi Indigenous Cattle Populations Using 50K SNP Markers. *Animals*, 11(8), 2381. <https://doi.org/10.3390/ani11082381>



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

- Bonamour, S., Chevin, L. M., Charmantier, A., y Teplitsky, C. (2019). Phenotypic plasticity in response to climate change: the importance of cue variation. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 374, 20180178. <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4337255>
- Cassandro, M. (2020). Animal breeding and climate change, mitigation and adaptation. *J Anim Breed Genet*, 137,121–122 <https://doi.org/10.1111/jbg.12469>
- Cezard, G., McHale, C. T., Sullivan, F., Filipe Bowles, J. K., y Keenan, K. (2021). Studying trajectories of multimorbidity: a systematic scoping review of longitudinal approaches and evidence. *BMJ Open*, 11: e048485. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048485>
- Chevin, L. M., Lande, R., y Mace, G. M. (2010). Adaptation, plasticity, and extinction in a changing environment: towards a predictive theory. *PLoS Biol.* 8, e1000357. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000357>
- Davidson, A. M., Jennions, M., y Nicotra, A. B. (2011). Do invasive species show higher phenotypic plasticity than native species and, if so, is it adaptive? A meta-analysis. *Ecology letters*, 14(4), 419–431. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01596.x>
- De Villemereuil, P., y Gaggiotti, O. E. (2015). A new FST-based method to uncover local adaptation using environmental variables. *Methods in Ecology and Evolution*, 6, 1248–1258. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12418>
- Domínguez-Viveros, J., Medellín-Cazares, A., Aguilar-Palma, N., Jahuey-Martínez, F. J., y Rodríguez-Almeida, F. A. (2021). Definition and analysis of the panel of SNPs to be used in paternity tests for three breeds of cattle. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(3), 987-995. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5771>
- Edea, Z., Dadi, H., Kim, S. W., Dessie, T., Lee, T., Kim, H., Kim, J. J., y Kim, K. S. (2013). Genetic diversity, population structure and relationships in indigenous cattle populations of Ethiopia and Korean Hanwoo breeds using SNP markers. *Frontiers in genetics*, 4, 35. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00035>



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

Elsik, C. G., Unni, D. R., Diesh, C. M., Tayal, A., Emery, M. L., Nguyen, H. N., y Hagen, D. E. (2016). Bovine genome database: new tools for gleaning function from the *Bos taurus* genome. *Nucleic Acids Res.* 44, D834–D839
<https://doi.org/10.1093/nar/gkv1077>

Excoffier, L., Laval, G., y Schneider, S. (2005). Arlequin (version 3.0): an integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary bioinformatics online*, 1, 47–50. [[PubMed](#)]

Flori, L., Moazami-Goudarzi, K., Alary, V., Araba, A., Boujenane, I., Boushaba, N., Casabianca, F., Casu, S., Ciampolini, R., Coeur, D'Acier, A., Coquelle, C., Delgado, J.V., El-Beltagi, A., Hadjipavlou, G., Jouselin, J., Landi, V., Lauvie, A., Lecomte, P., Ligda, Ch., Marinthe, C., Martinez, A., Mastrangelo, S., Menni, D., Moulin, Ch. –H., Osman, M. –A., Pineau, O., Portolano, B., Saïdi-Mehtar, N., Sechi, T., Sempéré, G., Thévenon, S., Tsiokos, D., Laloë, D., y Gautier, M. (2019). A genomic map of climate adaptation in Mediterranean cattle breeds. *Mol Ecol.*, 28, 1009–29.
<https://doi.org/10.1111/mec.15004>

Flórez-Murillo, J. M., Landaeta-Hernández, A. J., Kim, E. S., Bostrom, J. R., Larson, S. A., Pérez O'Brien, A. M., Montero-Urdaneta, M. A., García, J. F., y Sonstegard, T. S. (2021). Three novel nonsense mutations of prolactin receptor found in heat-tolerant *Bos taurus* breeds of the Caribbean Basin. *Anim Genet.*, 52(1), 132-134. doi:
<https://doi.org/10.1111/age.13027> . Epub 2020 Dec 1. PMID: 33259090.

Gautier, M. (2015). Genome-wide scan for adaptive divergence and association with population-specific covariates. *Genetics*, 201, 1555–1579.
<https://doi.org/10.1534/genetics.115.181453>

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., y Martinez, A. (2019). The genetic ancestry of American Creole cattle inferred from uniparental and



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

autosomal genetic markers. *Scientific Reports*, 9(1), 11486.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-47636-0>

Hubbard, T. Barker, D., Birney, E., Cameron, G., Chen, Y., Clark, L., Cox, T. Cuff, J. Curwen, V. Down, T. Durbin, R. Eyras, E. Gilbert, J. Hammond, M. Huminiecki, L. Kasprzyk, A. Lehvaslaiho, H. Lijnzaad, ... M. Clamp. (2002). The Ensembl genome database project. *Nucleic Acids Research*, 30(1), 38-41.
<https://doi.org/10.1093/nar/30.1.38>

Kelly, S. A., Panhuis, T. M., y Stoehr, A. M. (2012). Phenotypic plasticity: molecular mechanisms and adaptive significance. *Compr Physiol.*, 2, 1417–1439.
<https://doi.org/10.1002/cphy.c110008>

Lacetera, N., Bernabucci, U., Basirico, L., Morera, P., y Nardone, A. (2009). Heat shock impairs DNA synthesis and down-regulates gene expression for leptin and Ob-Rb receptor in concanavalin A-stimulated bovine peripheral blood mononuclear cells. *Vet Immunol Immunopathol*, 127,190–194. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.09.020>

La Fuente, E. y Beldade, P. (2019.) Genomics of Developmental Plasticity in Animals *Front. Genet.*, 10, 720. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00720>

Li, R., Li, C., Chen, H., Li, R., Chong, Q., Xiao, H., y Chen, S. (2019). Genome-wide scan of selection signatures in Dehong humped cattle for heat tolerance and disease resistance. *Animal Genetics*, 51(2), 292-299. <https://doi.org/10.1111/age.12896>

Howe, K. L., Achuthan, P., Allen, J., Allen, J., Alvarez-Jarreta, J., Amode, M. R., Armean, I. M., Azov, A. G., Bennett, R., Bhai, J., Billis, K., Boddu, S., Charkhchi, M., Cummins, C., Da Rin Fioretto, L., Davidson, C., Dodiya, K., El Houdaigui, B., Fatima, R., Gall, A., ... Flicek, P. (2021). Ensembl 2021. *Nucleic acids research*, 49(D1), D884–D891.
<https://doi.org/10.1093/nar/gkaa942>



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

Johnsson, M., y Jungnickel, M.K. (2021). Evidence for and localization of proposed causative variants in cattle and pig genomes. *Genet Sel Evol*, 53, 67. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00662-x>

Lande, R. (2015). Evolution of phenotypic plasticity in colonizing species. *Mol. Ecol.*, 24, 2038–2045. <https://doi.org/10.1111/mec.13037>

Lischer, H.E.L., y Excoffier, L. (2012). PGDSpider: An automated data conversion tool for connecting population genetics and genomics programs. *Bioinformatics*, 28, 298-299. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr642>

Littlejohn, M. D., Henty, K. M., Tiplady, K., Johnson, T., Harland, C., Lopdell, T., Sherlock, R. G., Li, W., Lukefahr, S. D., Shanks, B. C., Garrick, D. J., Snell, R. G., Spelman, R. J., y Davis, S. R. (2014). Functionally reciprocal mutations of the prolactin signalling pathway define hairy and slick cattle. *Nature communications*, 5, 5861. <https://doi.org/10.1038/ncomms6861>

Online Mendelian Inheritance in Animals. (02 de mayo de 2021). Sydney School of Veterinary Science, {02-05-2021}. World Wide Web URL: <https://omia.org/>

Pariset, L., Mariotti, M., Nardone, A., Soysal, M. I., Ozkan, E., Williams, J. L., Dunner, S., Leveziel, H., Maróti-Agóts, A., Bodò, I., y Valentini, A. (2010). Relationships between Podolic cattle breeds assessed by single nucleotide polymorphisms (SNPs) genotyping. *J Anim Breed Genet.*, 127(6), 481-8. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2010.00868.x>

Peakall, R., y Smouse, P. E. (2012). GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28, 2537-2539. Freely available here: <http://bioinformatics.oxfordjournals.org/content/28/19/2537>

Porto-Neto, L. R., Bickhart, D. M., Landaeta-Hernandez, A. J., Utsunomiya, Y. T., Pagan, M., Jimenez, E., Hansen, P. J., Dikmen, S., Schroeder, S. G., Kim, E. S., Sun, J., Crespo, E., Amati, N., Cole, J. B., Null, D. J., Garcia, J. F., Reverter, A., Barendse,



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

W., y Sonstegard, T. S. (2018). Convergent Evolution of Slick Coat in Cattle through Truncation Mutations in the Prolactin Receptor. *Front. Genet.*, 9, 57. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00057>

Price, T. D., Qvarnstrom, A., y Irwin, D. E. (2003). The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. *Proc R Soc Lond B.*, 270, 1433–1440. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2372>

Rangwala, S. H., Kuznetsov, A., Ananiev, V., Asztalos, A., Borodin, E., Evgeniev, V., Joukov, V., Lotov, V., Pannu, R., Rudnev, D., Shkeda, A., Weitz, E. M., y Schneider, V. A. (2021). Accessing NCBI data using the NCBI sequence viewer and genome data viewer (GDV). *Genome Research*, 31(1), 159–169. <https://doi.org/10.1101/gr.266932.120>

Rimieri, P. (2017). La diversidad genética y la variabilidad genética: dos conceptos diferentes asociados al germoplasma y al mejoramiento genético vegetal. *Journal of Basic and Applied Genetics*, 28(2), 7-13. <https://sag.org.ar/jbag/en/project/vol-xxviii-issue-2-2/>

Robinson, J., Thorvaldsdóttir, H., Winckler, W., Guttman, M., Lander, E., Getz, G., y Mesirov, J. P. (2011). Integrative Genomics Viewer. *Nature Biotechnology*, 29, 24-26. <https://doi.org/10.1038/nbt.1754>

Rovelli, G., Ceccobelli, S., Perini, F., Demir, E., Mastrangelo, S., Conte, G., Abeni, F., Marletta, D., Ciampolini, R., Cassandro, M., Bernabucci, U., y Lasagna, E. (2020). The genetics of phenotypic plasticity in livestock in the era of climate change: a review, *Italian Journal of Animal Science*, 19(1), 997-1014. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1809540>

Secretariat of the Convention on Biodiversity. (2011). Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from their Utilization to the Convention on Biological Diversity: text and annex. Montreal, Canada, Secretariat of the Convention on Biodiversity, 15pp.



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. I., Martínez, A. M., Escobar, C., Vega-Pla, J. L., y 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>

Weir, B. S., y Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-Statistics for the Analysis of Population Structure. *Evolution*, 38(6), 1358-1370. <https://www.jstor.org/stable/2408641>

Yang, C. H., y Pospisilik, J. A. (2019). Polyphenism A Window into Gene-Environment Interactions and Phenotypic Plasticity. *Front. Genet.*, 10, 132. doi:

<https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00132>

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Wageningen por el apoyo en la recepción y análisis de ADN de las muestras, en particular al Dr. Richard Crooijmans, por su colaboración en la recepción de las muestras. Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al igual que al Sistema Nacional de Investigación (SNI) por el apoyo para 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/).

CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE MESÓFILOS AEROBIOS Y COLIFORMES EN ARROZ COCIDO¹

Martha de Von Chong²; Rito Herrera³; Gloria Jaime⁴; Katia Navas⁴

RESUMEN

Bacillus cereus es una bacteria esporoformadora que se encuentra comúnmente en cantidades pequeñas en algunos alimentos como el arroz. Sin embargo, después del cocimiento, en ciertas condiciones inadecuadas de enfriamiento y refrigeración, las esporas sobrevivientes pueden reproducirse rápidamente y producir enterotoxinas, convirtiendo al alimento en potencial causa de intoxicación alimenticia. En el presente estudio se utilizaron muestras de arroz cocido, las cuales fueron recolectadas en cuatro fondas (venta de comida) distintas: dos en el distrito de Penonomé y dos en el distrito de Aguadulce, provincia de Coclé, durante cinco semanas, determinando la presencia de *Bacillus cereus* en este alimento. Para la confirmación de las colonias sospechosas, se realizaron distintas pruebas bioquímicas de confirmación, tales como: API 50 CH y API 20 E), siembra de las colonias sospechosas en agar sangre y pruebas de catalasa y oxidasa; obteniendo resultados positivos en cada una de ellas. Además de evaluar el crecimiento en agar selectivo MYP para este patógeno, se contemplaron microorganismos indicadores como Mesófilos aerobios, *E. coli* y Coliformes, obteniendo resultados para *Bacillus cereus* por encima de los parámetros establecidos en la norma peruana R/M N°615 (2003)-SA/DM, pero por debajo de los niveles que pueden causar intoxicación alimentaria. Para Mesófilos aerobios el recuento obtenido resultó por debajo de los límites máximos de aceptación que establece la norma NTS No. 071 MINSA/DGSA-V.01 (2008), para el caso de *E. coli*/Coliformes no se observó crecimiento en ninguna de las muestras.

Palabras claves: *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, patógeno, enterotoxina, pruebas bioquímicas.

¹Recepción: 25 de julio de 2022. Aceptación: 10 de septiembre de 2022. Financiamiento Universidad de Panamá-Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé. M.Sc. Microbiología.

e-mail: martha.chaves@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

³IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria en Recursos Genéticos. Ph.D. Microbiología.

e-mail: rito.herrera@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

⁴Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé. Lic. Tec. Alimentos. Universidad de Panamá
Gloria Jaime <https://orcid.org/0000-0003-2537-3551>; Kathia Navas <https://orcid.org/0000-0002-3744-6343>



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

MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF AEROBIC MESOPHILES AND COLIFORMS IN COOKED RICE

ABSTRACT

Bacillus cereus is a sporiform bacteria commonly found in small amounts in some foods such as rice. However, after cooking, under certain inadequate cooling and refrigeration conditions, the surviving spores can rapidly reproduce and produce enterotoxins, making the food a potential cause of food poisoning. In the present study, samples of cooked rice were collected in four different food sale kiosk: two in the district of Penonome and two in the district of Aguadulce, Coclé province, for five weeks, determining the presence of *Bacillus cereus* in this food. For the confirmation of the suspicious colonies, different biochemical confirmatory tests were carried out such as API 50 CH and API 20 E, sowing of the suspicious colonies on blood agar and the catalase and oxidase tests; obtaining positive results in each one of them. In addition to evaluating the growth of this pathogen in MYP selective agar for it, indicator microorganisms such as aerobic Mesophiles, *E. coli* and Coliforms were considered, obtaining results for *Bacillus cereus* above the parameters established in the Peruvian Standard R/M N°615 (2003)-SA/DM, but below levels that can cause food poisoning. For aerobic Mesophiles, the count obtained was below the maximum acceptance limits established by the NTS No. 071 MINSA/DGSA-V.01 (2008), for the case of *E. coli*/Coliforms, growth was not amplified in any of the samples.

Key words: *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, pathogen, enterotoxin, biochemical tests.

INTRODUCCIÓN

Existe, a nivel internacional, una gran demanda de consumo de alimentos; incluyendo platos preparados en restaurantes, fondas y lugares de comida rápida, lo que significa un cambio importante en la conducta alimentaria de la población. Esto conlleva a las autoridades sanitarias a una mayor vigilancia epidemiológica de los mismos para garantizar su inocuidad.

Según el Decreto Ejecutivo No. 157, publicado el 1 de junio de 2004, en Gaceta Oficial 25062, Que establece los requisitos para el control sanitario de la manipulación, preparación y expendio de alimento en las fondas, kioscos y ventas ambulantes, y dicta otras disposiciones, en su capítulo I, De las Disposiciones Preliminares, se define el concepto de fonda como establecimiento de alimentos, transitorio o permanente, donde se manipulan, preparan y expenden comidas y bebidas, que cuenten con todas las facilidades sanitarias y de seguridad necesarias para esta actividad.



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

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2006; el arroz es el cereal más cultivado en el mundo y el segundo de mayor consumo después del trigo. El gran consumo de este grano a nivel mundial es uno de los factores que favorece su implicación en brotes de origen alimentario.

La Encuesta de Niveles de Vida realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) de la Contraloría General de la República, en el 2008 reporta que, en Panamá, el arroz es el producto más consumido dentro de la canasta básica, y el consumo per cápita se calcula en 158 g promedio.

Dentro de los grupos de microorganismos indicadores de la alteración y de la calidad higiénica del arroz podemos mencionar a las bacterias: mesófilos aerobios, Coliformes totales, *Escherichia coli* y uno de los patógenos más importantes encontrados en este alimento es el *Bacillus cereus*.

El *Bacillus cereus* es una bacteria Gram positiva, esporulada, que se encuentra principalmente en el suelo. Esta bacteria puede causar dos tipos de enfermedades gastrointestinales, conocidos como síndromes diarreicos y eméticos, los cuales resultan de la producción de toxinas. El síndrome diarreico se asocia a menudo con alimentos que contienen carne, hortalizas, salsas y productos lácteos y el síndrome emético es el comúnmente asociado con el consumo de arroz y alimentos farináceos (Sánchez et al., 2016).

Se sabe que *B. cereus* es un agente patógeno causante de intoxicaciones alimentarias y que su patogenia se basa en la lisis de las células del tubo digestivo y en la posterior liberación de la toxina que ocasiona la diarrea, lo cual agudiza el cuadro clínico y representa un riesgo para la salud. Los alimentos crudos de origen vegetal son la mayor fuente de *B. cereus*, organismo que se ha encontrado en vegetales, cereales y derivados (especialmente arroz), especias, leche cruda y pasteurizada, derivados lácteos, carnes crudas y sus derivados, entre otros (Forero et al., 2018).

De acuerdo con estudios realizados en arroz cocido por Finlay et al. (2002), las cepas responsables del síndrome emético tienen una temperatura mínima de 15° C en alimentos; considerando un rango para la producción de esta toxina entre 15° C y 40° 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/).

debido a que las cepas productoras de la misma no germinan a temperaturas inferiores de 15° C. En cuanto a las cepas diarreicas se reportan que la mayoría (72%) tienen como temperatura mínima de crecimiento 7° C (Pielaat et al., 2005).

Algunos países que han realizado estudios sobre este patógeno han encontrado que el mismo es un agente etiológico frecuente en intoxicaciones alimentarias (Granum, 2002), principalmente en arroz consumido en restaurantes, fondas, locales de comida rápida, tiendas ambulantes de comida, entre otros.

En esta investigación se caracterizó microbiológicamente mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Bacillus cereus* en diferentes muestras de arroz cocido, recolectadas en la prov. de Coclé, con el principal objetivo de determinar la prevalencia del *Bacillus cereus* en arroz cocido mantenido a 30° C, considerando el hecho de que las esporas de este resisten a las temperaturas cocción; en cuanto a la cuantificación de mesófilos aerobios, coliformes y *Escherichia coli*, esta se realizó debido a que son microorganismos indicadores de la calidad microbiológica del alimento.

Es importante mencionar que la calidad bacteriológica del arroz cocido depende de muchos factores: la forma de prepararlo, la calidad de los ingredientes, la manipulación y su conservación posterior. Si no se aplican las buenas prácticas de manufactura durante su elaboración, una adecuada conservación y almacenamiento, es probable que se presente la proliferación de microorganismos, que pueden causar distintas enfermedades gastrointestinales o intoxicaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Este estudio se realizó en las instalaciones del laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencia Naturales, Exactas y Tecnología del Centro Regional de Coclé (CRU de Coclé), Universidad de Panamá, durante los meses de junio a agosto del 2019, en lo que corresponde a la parte experimental.



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

Muestreo

Para el análisis se seleccionaron al azar cuatro establecimientos de expendio de comida, específicamente “fondas”, dos en el distrito de Penonomé y dos en el distrito de Aguadulce. Estos establecimientos se encontraban en calles de la avenida central, eran semi-abiertos y dos de ellas no contaban con baño maría, específicamente, la fonda No. 2 del distrito de Penonomé y la fonda No. 1 de Aguadulce. Para cada distrito se le asignó un día de muestreo, siendo lunes para Penonomé y miércoles para Aguadulce, durante cinco semanas.

En cada fonda se compraron muestras de arroz cocido recién preparado (30 minutos después de su cocción aproximadamente), en horario de 10:30 a.m. – 11:00 a.m.; a las cuales se les denominó F1 y F2; para ser debidamente transportadas en envases, al Laboratorio de Microbiología del CRU de Coclé, en donde se atemperaron a 50° C en baño María, para brindarle las condiciones óptimas de desarrollo del *Bacillus cereus* y de los otros microorganismos en estudio. Se seleccionaron tres porciones de cada muestra, para ser analizadas en tres etapas, al llegar al laboratorio: 0 horas y posteriormente a las 4 y a las 8 horas de la compra. En el caso de Mesófilos aerobios y *E. coli*, Coliformes, el diseño muestral solo fue realizado a las 0 horas, se incubaron a temperatura de 37° C; con la excepción, en el caso de *B. cereus* que se recomienda a 30° C y monitoreadas a las 0, 4 y 8 horas (Pérez Portuondo et al., 2011).

Análisis Microbiológico

Mesófilos aerobios, *E. coli* y Coliformes

Para el análisis de Mesófilos aerobios, *E. coli* y Coliformes se utilizó la técnica de inoculación en placas petrifilm, (Guía de interpretación 3M Petrifilm®, 2012).

Bacillus cereus

En el análisis de *Bacillus cereus* se empleó el método de siembra por esparcido en placas con agar MYP un medio de cultivo selectivo (International Standard ISO 7932, 2004).

Preparación del homogenizado y Diluciones

Análisis de Mesófilos aerobios, *E. coli* y Coliformes

Se tomó una muestra por establecimiento, una de la fonda 1 (F1) y otra de la fonda 2 (F2) (dos muestras en total para cada distrito respectivamente). Se pesaron 25 g de cada



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

muestra (arroz cocido) y se homogenizaron en un MASON con 225 ml de peptona al 0,1%, por 15 minutos, para una dilución 1:10.

Preparación del agua peptonada: para preparar el agua peptonada al 0,1% se pesó 1 g de la peptona y se agregó en 1000 ml de agua destilada. Se realizaron diluciones a partir de 1:10 10^{-1} y 1:100 10^{-2} . Se sembraron por triplicado 1 ml de las diluciones correspondientes de 10^1 y 10^2 en placas 3M Petrifilm® RAC para Mesófilos aerobios y 3M Petrifilm® EC para *E. coli* y Coliformes. Se incubaron a 37° C por 24 horas y 48 horas para su crecimiento. Pasadas las 24 horas de incubación se procedió a contar en placas petrifilm para Mesófilos aerobios, con un contador de colonias estándar; todas las colonias que presentaban coloración rojo y azul (Guía de interpretación 3M Petrifilm® RAC y EC, 2012).

De igual manera, se cuantificó las Coliformes a las 24 horas de incubadas, aquellas colonias rojas y azules con gas se consideraban positivas. Las *E. coli*. se cuantificaron a las 48 horas; las colonias positivas para *E. coli*. debían ser azules con gas (Guía de interpretación 3M Petrifilm® RAC y EC, 2012).

Análisis de *Bacillus cereus*

Para preparar el agua peptonada al 0,1% se pesó 1 g de la peptona y se agregó en 1000 ml de agua destilada. Preparación del agar MYP (Agar Polimixina-yema de huevo-Manitol). Se preparó siguiendo las recomendaciones de etiquetado de este, de la siguiente manera: se pesaron 23 g del agar base MYP y se suspendieron en 450 ml de agua destilada. Luego se calentó con frecuente agitación durante 3 minutos aproximadamente, hasta disolver todo el medio. Posteriormente, se esterilizó en autoclave a 121° C por 15 minutos, para luego ser enfriado a 50° C en baño maría. Finalmente, se suplementó asépticamente con 25 ml de emulsión yema de huevo y 5 ml de Polimixina B de 50 000 UI (Unidades internacionales). Se tomó una muestra por establecimiento, una de la fonda 1 (F1) y otra de la fonda 2 (F2) dos muestras en total para cada distrito, respectivamente. Se pesaron 25 g de cada muestra (arroz cocido) y se homogenizaron en un MASON con 225 ml de peptona al 0,1%, por 15 minutos, para una dilución 1:10. De la muestra madre 10^{-1} , se prepararon diluciones de 1:100 10^{-2} y 1:1000 10^{-3} y se sembraron por triplicado 0,1 ml de cada una, en platos con agar selectivo MYP, utilizando la técnica de esparcido por superficie con espátulas de Divansky. Luego se incubaron a 30° C por 48 horas.



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

Pasadas las 48 horas de incubación se realizó el recuento en platos que tuvieran menos de 150 colonias típicas: grandes, de color rosa, con halo de precipitación (International Standard ISO 7932, 2004).

Identificación de *Bacillus cereus*

Una vez establecidos los crecimientos de colonias de *Bacillus cereus* en agar MYP se procedió a realizar pruebas de oxidasa y catalasa, prueba de hemólisis y confirmación con API 50 CH y API 20E (BioMérieux® SA, 2005). La temperatura fue medida en cada muestra inmediatamente después de haberla comprado.

Análisis estadístico

Todos los análisis se llevaron a cabo mediante los programas JMP 13.0. y Excel 2016. Se realizaron los cálculos básicos de determinación de valores de tendencia central, y de dispersión, análisis de frecuencia, varianza, tablas de resumen de resultados y graficas de tipo barra, dispersión y control. Se aplicó a los resultados y sus variables la prueba de Wilcoxon, prueba de Wilcoxon y Kruskal-Wallis, prueba de Chi cuadrado y regresión logística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológico

Recuento de Mesófilos aerobios para fonda 1- Penonomé.

El crecimiento microbiano para la fonda 1 de Penonomé en la primera semana presentaron un elevado crecimiento (Figura 1), por lo cual se consideraron MNPC (Muy numeroso para contar); para la semana dos el recuento promedio fue de 4200 ufc/g (unidades formadoras de colonias por gramo), siendo el máximo 10000 ufc/g y los mínimos 1800 ufc/g y 900 ufc/g. La semana tres, presento un crecimiento promedio de 6700 ufc/g, siendo el valor máximo 10 000 ufc/g y el valor mínimo de 900 ufc/g. Para la semana cuatro, el crecimiento microbiano desciende a un valor promedio de 200 ufc/g, siendo el valor máximo 400 ufc/g, y el mínimo 100 ufc/g. Para la última semana, el promedio de colonias fue de 400 ufc/g, teniendo como los valores máximos y mínimos 700 ufc/g, y 100 ufc/g, respectivamente. En general, el valor promedio en que se mantuvieron las colonias fue de 3700 ufc/g durante las cinco semanas.



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 mayoría de los resultados obtenidos durante las cinco semanas cumplen con la norma NTS No, 071 MINSA/DIGESA-V.01 (2008), para alimentos listos para el consumo, debido a que todos los datos se encuentran por debajo del límite máximo permisible, el cual es de 100 000 ufc/g.

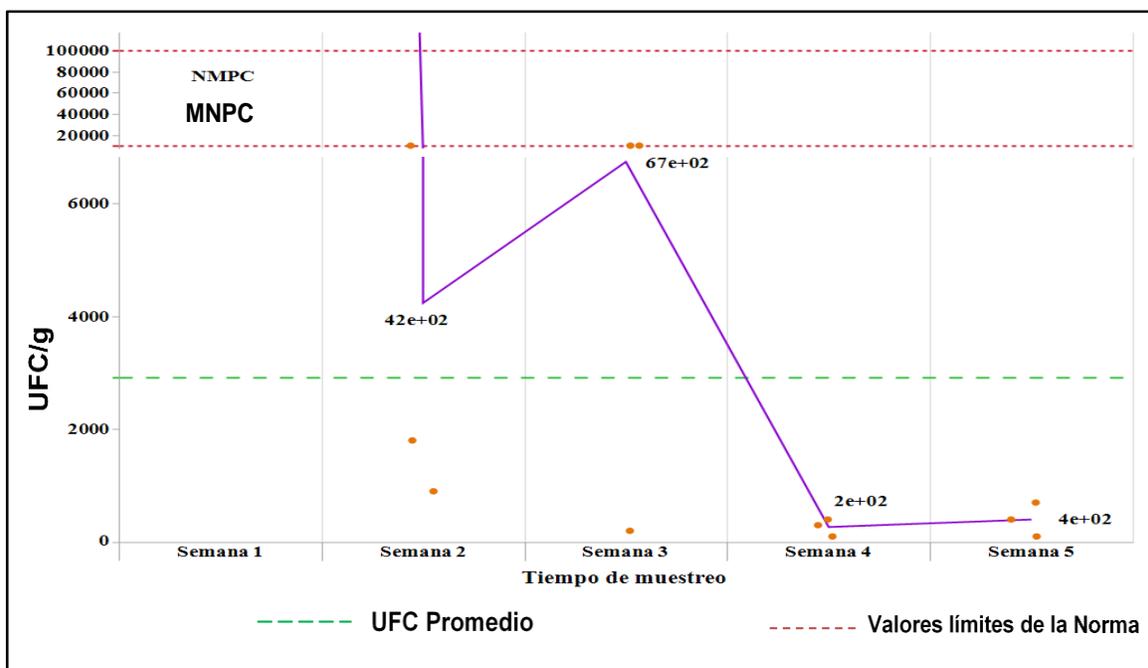


Figura 1. Recuento de Mesófilos aerobios de la Fonda 1-Penonomé durante las cinco semanas de muestreo.

Recuento de Mesófilos aerobios para fonda 2-Penonomé.

La primera semana, al igual que la fonda anterior, presentó un elevado crecimiento de Mesófilos aerobios (MNPC), para la segunda semana el crecimiento promedio fue 13600 ufc/g, siendo los valores máximos 18000 ufc/g el mínimo 9000 ufc/g (Figura 2). Para la semana tres hubo un descenso de crecimiento bacteriano, con un promedio de 500 ufc/g. En la semana cuatro se mantuvieron los crecimientos en este rango, teniendo como valor promedio 300 ufc/g; mientras que para la última semana el crecimiento aumento a un promedio de 6700 ufc/g. Aunque existe una variabilidad de los recuentos obtenidos, durante las cinco semanas, la mayoría de los recuentos indican estar por debajo del límite máximo de la norma NTS No. 071 MINSA/DIGESA-V.01 (2008).



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

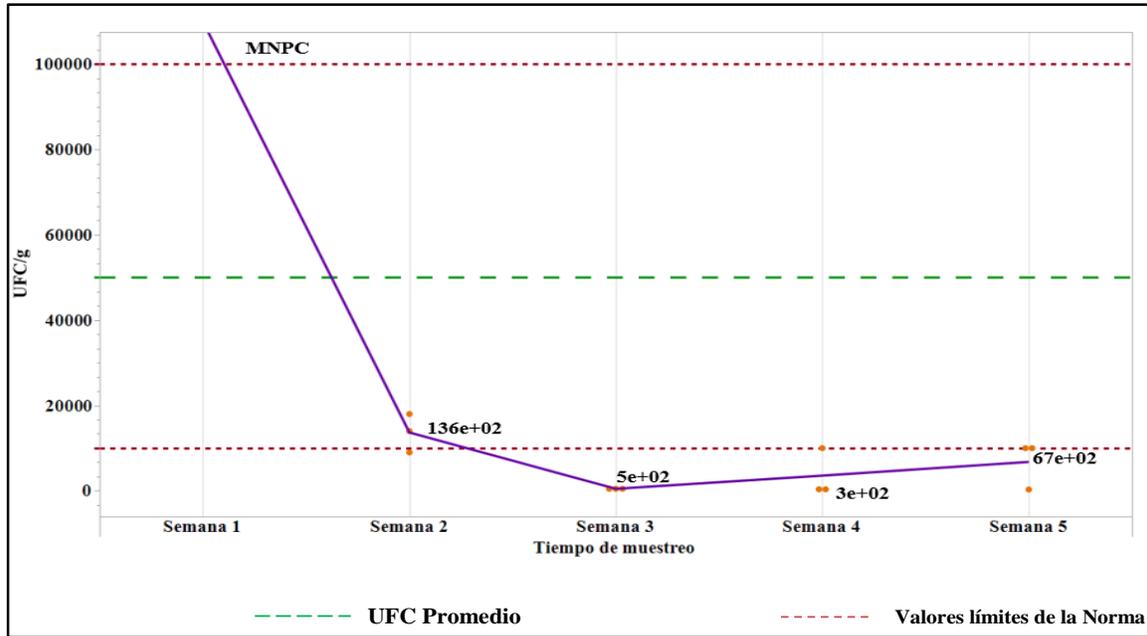


Figura 2. Recuento de *Mesófilos aerobios* de la Fonda 2-Penonomé durante las cinco semanas de muestreo.

Recuento de *Mesófilos aerobios* para fonda 1-Aguadulce.

Para la fonda 1 de Aguadulce, la semana uno presentó un valor promedio de 4600 ufc/g, manteniendo cercanos el valor mínimo de 4300 ufc/g y máximo de 5000 ufc/g (Figura 3). Para la semana dos hubo un descenso de la población siendo 2100 ufc/g el valor promedio de colonias crecidas, con un valor máximo de 3000 ufc y un valor mínimo de 1500 ufc/g. En la semana tres aumentó el crecimiento a un valor promedio de 6700 ufc/g, con un valor máximo para esta semana de 10000 ufc/g y mínimo de 1500 ufc/g. Para la semana cuatro se mantuvo el crecimiento poblacional en 6700 ufc/g promedio. Para la semana cinco la fonda 1 de Aguadulce presentó un crecimiento de 10000 ufc/g aumentando en relación con las primeras semanas.

El valor promedio, en general, para las cinco semanas fue de 6000 ufc/g. Aunque hay aumentos de población durante las semanas, todos los resultados se encuentran dentro de la norma NTS No. 071 MINSA/DIGESA-V.01 (2008), debido a que todos los datos se encontraron por debajo del límite máximo permisible, el cual es de 100 000 ufc/g.



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

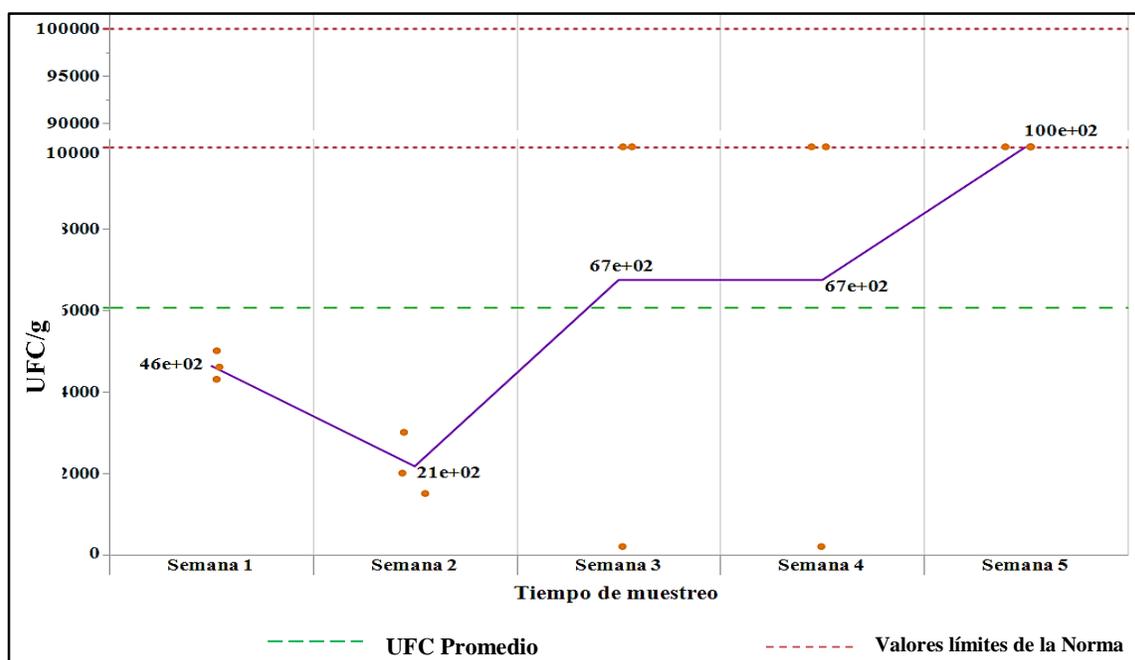


Figura 3. Recuento de *Mesófilos aerobios* de la Fonda 1-Aguadulce durante las cinco semanas de muestreo.

Recuento de Mesófilos aerobios para fonda 2-Aguadulce.

La fonda 2 de Aguadulce en la semana uno presentó un crecimiento bajo siendo 800 ufc/g el valor promedio, manteniendo cercanos sus valores máximos y mínimos de 900 ufc/g y 600 ufc/g, respectivamente (Figura 4). Para la semana dos, los crecimientos se mantuvieron bajos con un promedio de 300 ufc/g, con un valor máximo de 300 ufc/g y un valor mínimo de 200 ufc/g. Para la semana tres el valor promedio fue de 200 ufc/g, siendo 300 ufc/g el mayor recuento y 100 ufc/g el menor. Para la semana cuatro, se observa un aumento alto de crecimiento de mesófilos, teniendo un valor promedio de 6700 ufc/g, teniendo sus valores máximos en el límite mínimo de la norma 10000 ufc/g. En la semana cinco, este crecimiento se mantuvo en 10000 ufc/g.

Aunque el crecimiento de mesófilos aerobios fue variable en cada semana de muestreo, todos los resultados se encuentran por debajo del límite máximo permisible, el cual es de 100 000 ufc/g de la norma NTS No. 071 MINSA/DIGESA-V.01 (2008).

Los mesófilos aerobios están presentes en todos lados; el ambiente, las personas, utensilios, entre otros. Por lo tanto, evitar la contaminación del alimento con estos



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

microorganismos es casi imposible. Aun considerando el hecho de que el arroz ha sido tratado térmicamente, el tiempo de exposición de este, la higiene de los utensilios y de los manipuladores, los envases de almacenamiento son algunas vías de contaminación de este alimento después de cocción; además son factores que pudieron variar durante las cinco semanas en que se analizaron las muestras.

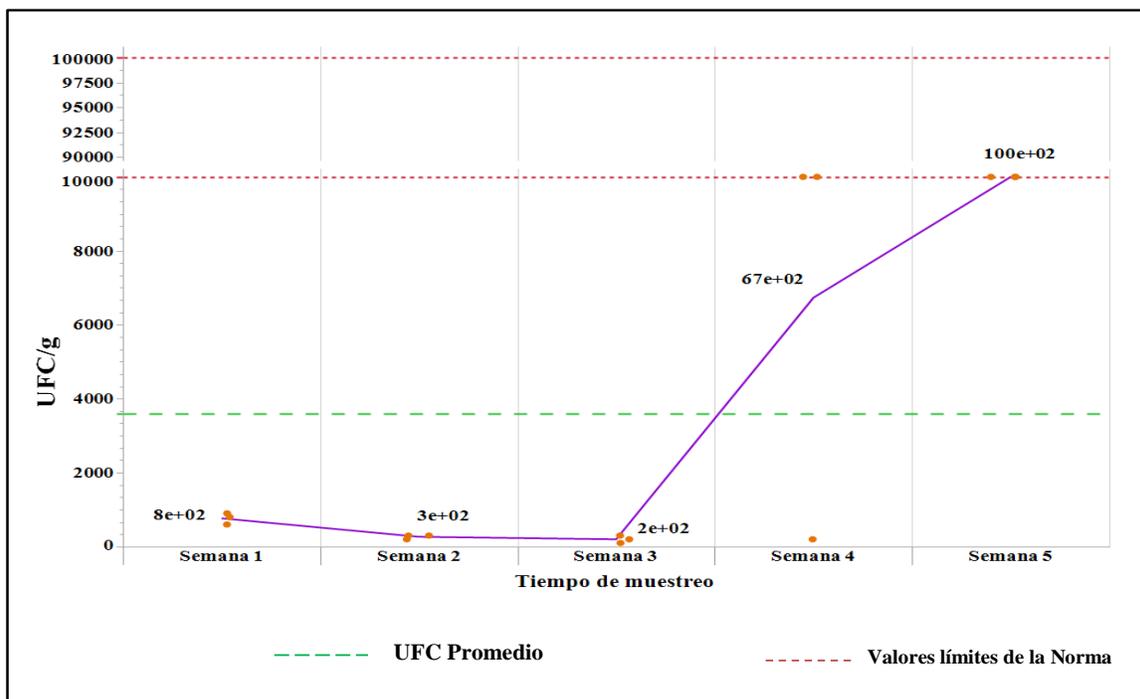


Figura 4. Recuento de *Mesófilos aerobios* de la Fonda 2-Aguadulce durante las cinco semanas de muestreo.

Comparación de recuento de Mesófilos aerobios de las cuatro fondas muestreadas durante las cinco semanas.

En las cuatro fondas durante las cinco semanas de muestreo, se observó que la mayoría de los recuentos se mantuvieron por debajo del valor mínimo permitido por la norma NTS No. 071 MINS/DIGESA-V.01 (2008) (Figura 5). La fonda 1 y 2 de Penonomé presentaron algunos valores por encima del valor mínimo (10000 ufc/g) pero, por debajo del valor máximo (100000 ufc/g), por lo tanto, aun cumplen con la norma. De manera general, comparando las cuatro fondas, la fonda 2 de Penonomé fue la que mayor crecimiento presento, seguida de la fonda 1 de Aguadulce, la fonda 1 de Penonomé y, por último, la fonda 2 de Aguadulce.



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 recuento de Mesófilos aerobios refleja la calidad sanitaria de los alimentos analizados, indicando las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su elaboración, la posibilidad de que existan patógenos y la inmediata alteración del producto. A nivel mundial se han realizado varios estudios para estimar la carga bacteriana de Mesófilos aerobios inicial, en arroz blanco cocido. Algunos resultados, en Reino Unido, reportan valores que oscilan entre $<10^3$ y $\geq 10^7$ ufc/g; en Filipinas un promedio de 10^5 ufc/g y en la ciudad de Benin (Nigeria), se encontraron valores promedio de 10^5 ufc/g. Para nuestro caso, la utilizada es la norma peruana NTS No. 071 MINSA/DIGESA-V.01 (2008) y establece como límite máximo permisible 10^5 ufc/g.

Debido a que ninguna de las muestras de arroz cocido sobrepasó el límite máximo permisible, se pueden considerar apto para el consumo. Sin embargo, un recuento bajo de aerobios Mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas.

Análisis estadístico

Para el caso de la fonda 1 de Penonomé el resultado indica que no existen diferencias entre los valores de la carga microbiana de Mesófilos aerobios en la F1-Penonomé en las cinco semanas. Para la fonda 2 de Penonomé y fonda 1 de Aguadulce, tampoco hay diferencias entre los valores de crecimiento de Mesófilos aerobios. Para la fonda 2 de Aguadulce el resultado indica que no existen diferencias significativas entre los recuentos de Mesófilos aerobios durante las cinco semanas de muestreo (Cuadro 1).

Para hacer una comparación entre las fondas muestreadas, durante las cinco semanas de muestreo, se realizó la prueba de Wilcoxon, que no existen diferencias significativas entre ambas fondas de Penonomé, mientras que entre las fondas muestreadas de Aguadulce si existen diferencias significativas en el crecimiento de mesófilos aerobios (Cuadro 2).

En la comparación realizada para las cuatro fondas muestreadas según la prueba de Wilcoxon y Kruskal-Wallis, se observa que existen diferencias entre los crecimientos de Mesófilos aerobios (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/).

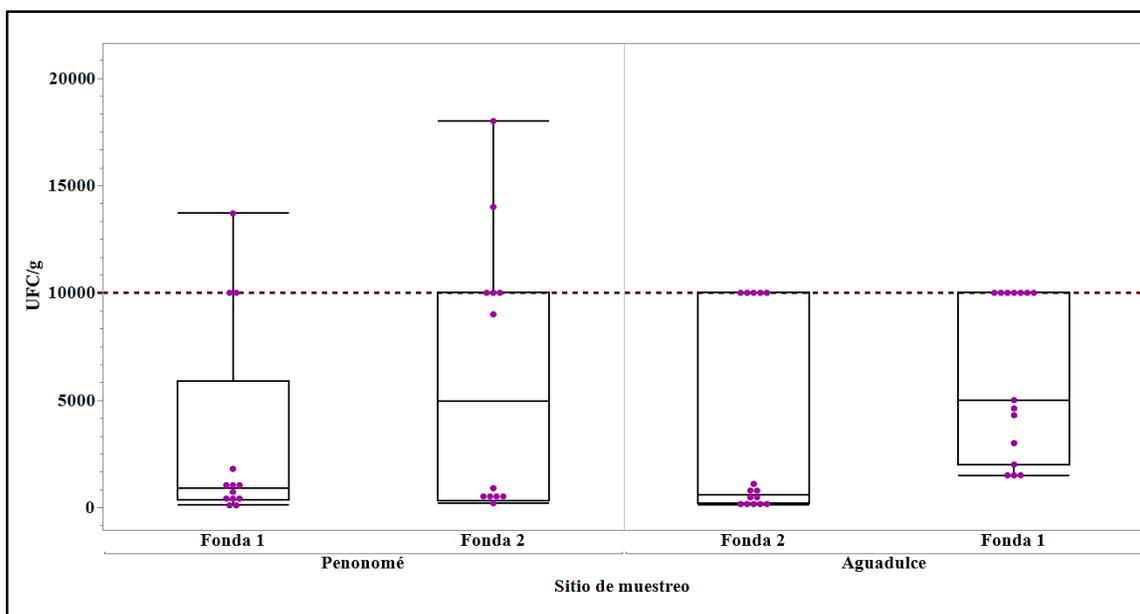


Figura 5. Comparación del crecimiento microbiano de las cuatro fondas durante las cinco semanas de muestreo.

Cuadro 1. Análisis estadístico de varianza para las fondas muestreadas durante cinco semanas.

	Chi cuadrada	gl	Prob > Chi cuadrado
Fonda1-Penonomé	5,369	3	0,1467
Fonda 2-Penonomé	4,247	3	0,1379
Fonda 1-Aguadulce	5,5944	4	0,2316
Fonda 2-Aguadulce	9,4035	4	0,0518

Cuadro 2. Prueba de Wilcoxon para fondas de Penonomé y de Aguadulce.

Prueba de Wilcoxon: Penonomé		
S	Z	Prob > Z
167,5	0,60286	0,5466
Prueba de Wilcoxon: Aguadulce		
S	Z	Prob > Z
171,5	-2,52321	0,0116



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 3. Prueba de Wilcoxon y Kruskal-Wallis para las cuatro fondas muestreadas.

Prueba de Wilcoxon y Kruskal-Wallis (de rangos y signos)		
Chi cuadrada	gl	Prob > Chi cuadrado
7,8528	3	0,0492

Las fondas que presentaron diferencias fueron: la fonda 2 (Aguadulce) en relación con la fonda 1 (Aguadulce) presenta una diferencia significativa, debido a que su valor p es de 0,0193 y la fonda 1 (Penonomé) en comparación con la fonda 1 (Aguadulce) con un valor p de 0,0086 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación para cada par por el método de Wilcoxon.

Comparación para cada par por el método de Wilcoxon			
Nivel	- Nivel	Z	Valor p
Fonda 2 (Penonomé)	Fonda 2 (Aguadulce)	1,24206	0,2142
Fonda 2 (Penonomé)	Fonda 1 (Penonomé)	0,60286	0,5466
Fonda 2 (Aguadulce)	Fonda 1 (Penonomé)	-0,51229	0,6085
Fonda 2 (Penonomé)	Fonda 1 (Aguadulce)	-0,85233	0,394
Fonda 2 (Aguadulce)	Fonda 1 (Aguadulce)	-2,33887	0,0193*
Fonda 1 (Penonomé)	Fonda 1 (Aguadulce)	-2,62569	0,0086*

***E. coli*/Coliformes**

Recuento de *E. coli*/Coliformes de las cuatro fondas muestreadas durante las cinco semanas.

Todas las fondas presentaron un recuento de <10 ufc, considerada 0 ufc en la gráfica, durante las cinco semanas de siembra, lo cual indica que el producto es apto para el consumo (Figura 6). Considerando que las Coliformes son microorganismos indicadores de contaminación fecal, y que se analizó un alimento listo para consumo humano, como lo es el arroz, el recuento es lo esperado, pues el mismo no debe tener crecimiento de estas bacterias, debido a que ha pasado por un tratamiento de cocción, en el cual se elimina toda la flora microbiana presente a excepción de las esporas.



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

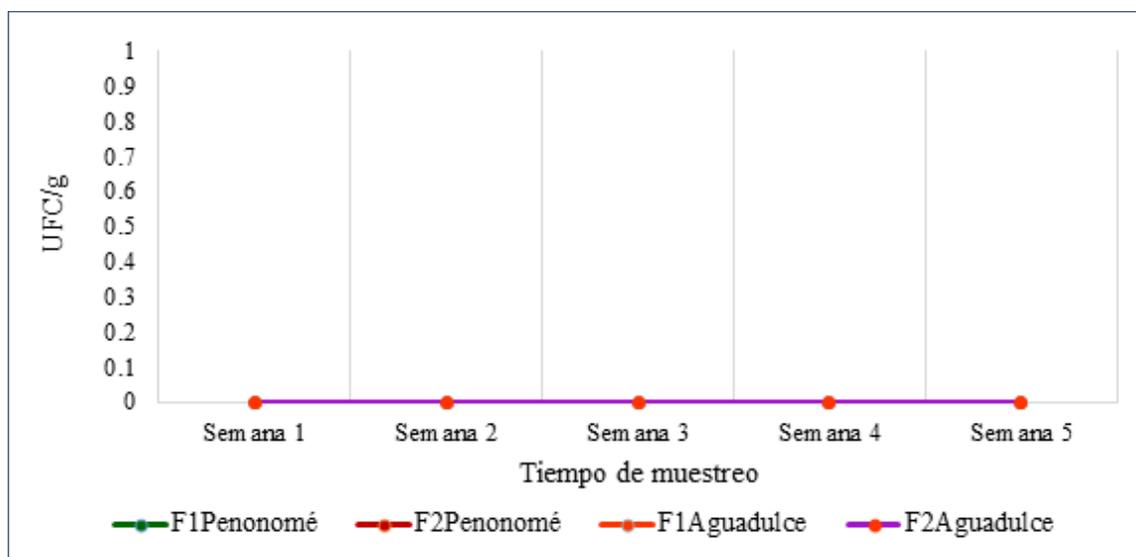


Figura 6. Recuento de *E. coli*/Coliformes de las cuatro fondas muestreadas durante las cinco semanas.

Bacillus cereus

Análisis microbiológico

A manera general se observó que el mayor crecimiento de *Bacillus cereus* se obtuvo a las 8 horas de siembra; esto puede deberse a la ventaja ecológica que tienen estas bacterias respecto a otras debido a la diversidad de enzimas hidrolíticas extracelulares que presentan, entre las que se encuentran las amilasas, las cuales son importantes en este tipo de sustrato rico en almidón (Pérez Portuondo et al., 2011). En cuanto a las fondas las que presentaron crecimiento en los tres muestreos fueron la fonda 1 de Penonomé en la tercera semana, la fonda dos de Penonomé en la primera y tercera semana de muestreo, la fonda 1 de Aguadulce en la segunda y cuarta semana de muestreo y la fonda 2 de Aguadulce en la primera, segunda y cuarta semana de muestreo. Lo que indica, que el mayor crecimiento del *Bacillus cereus* se mantuvo durante la segunda, tercera y cuarta fonda de cada una de las muestras analizadas (Figura 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/).

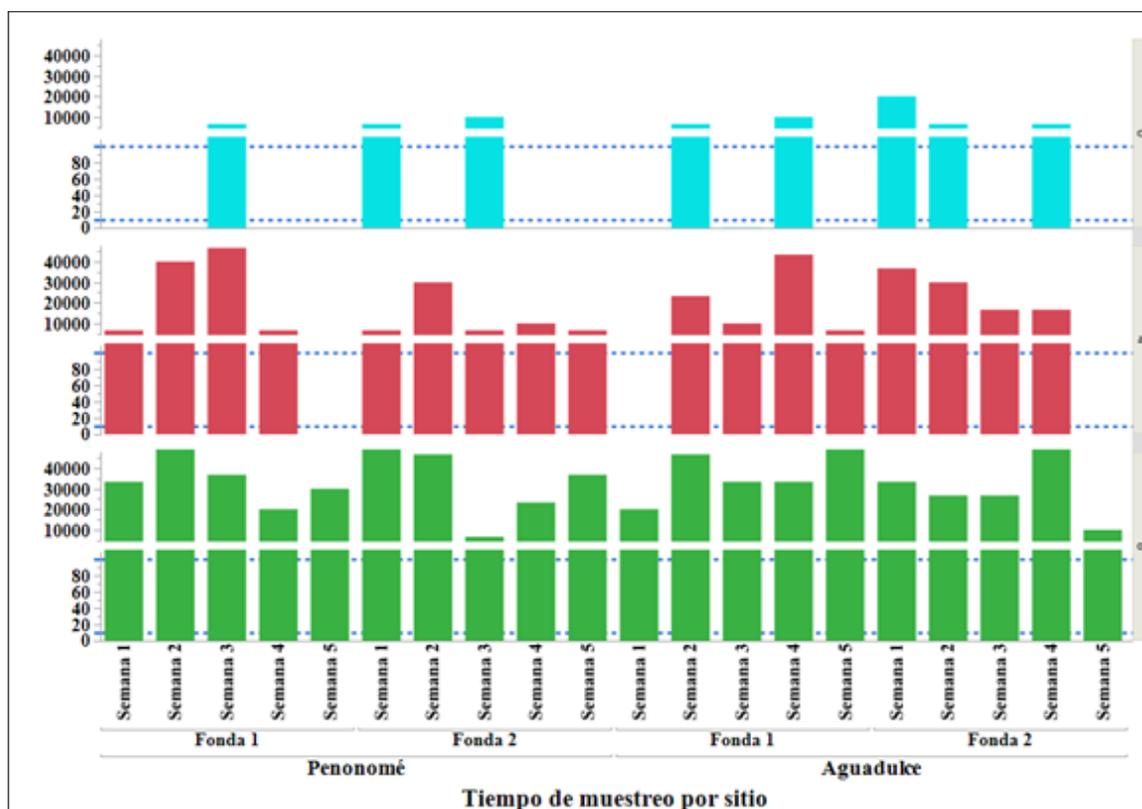


Figura 7. Recuento de *Bacillus cereus* en las muestras de arroz cocido a las 0, 4 y 8 horas de siembra durante cinco semanas de muestreo.

El arroz blanco cocido se encuentra dentro del grupo denominado alimentos listos para el consumo, ya que no requieren tratamientos térmicos adicionales antes de ser ingeridos por el consumidor. La calidad bacteriológica de este alimento depende de muchos factores incluyendo la forma de prepararlo, la clase de arroz, la forma de servirlo y la manipulación de este.

Es muy común que el arroz crudo tenga *Bacillus cereus* en forma de esporas, pues su hábitat natural es el suelo, en dónde pueden encontrarse concentraciones entre 10^{-3} y 10^{-5} esporas/gramo, por lo cual se considera inevitable la presencia de *Bacillus cereus* en la materia prima; sin embargo, al momento de su cocción las células de *Bacillus cereus* suelen destruirse junto al resto de las bacterias presentes en el alimento, pero las esporas son mucho más resistentes a las temperaturas de cocción y pueden permanecer en el alimento; siendo entonces capaces de proliferar sin el menor de los problemas.



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 en nuestro país, hasta la fecha no se han realizado estudios acerca de la presencia de *Bacillus cereus* en arroz cocido, Pielaat et al., 2005, reportan que la mayoría de las intoxicaciones provocadas por este patógeno, se asocian al consumo de arroz cocido en restaurantes chinos, locales de comida rápida y cafeterías; en donde se resalta que la presencia de este patógeno; el cual tiene un tiempo de replicación de 40 minutos; es decir, si después de cocido el arroz se deja enfriar lentamente y se mantiene a temperatura ambiente se va a producir una proliferación bacteriana con la concomitante producción de toxina, lo cual puede deberse a que las condiciones de conservación del alimento es inadecuada. Además, es importante mencionar que dos de las fondas muestreadas no tenían baño maría, aumentando aún más, el potencial riesgo de que las esporas del *B. cereus* proliferen.

A la hora de realizar la compra de cada una de las muestras de arroz se midió temperatura *in situ*, tomando en cuenta que la temperatura más peligrosa para almacenar el arroz cocido es entre 15° C y 50° C, es decir, a temperatura ambiente (Pérez Portuondo et al., 2011); en nuestro caso muestras que fueron compradas a lo largo de nuestro muestreo se encontraban dentro de este rango de temperatura. Por ello al momento de llevar las muestras al laboratorio se mantuvieron a 30° C y, posteriormente, se realizaron las siembras a las 0, 4 y 8 horas.

Como parámetro microbiológico para el recuento de este patógeno, se utilizó la norma siguiente: para comidas y platos preparados listos para consumo o que requieren calentamiento (Se incluyen platos servidos directamente al público) presente en la norma sanitaria sobre criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, R/M No. 615 (2003)-SA/DM (Perú).

Los recuentos obtenidos trascurridas las 48, para las 0, 4 y 8 horas de siembra en cada una de las fondas muestreadas, sobrepasaron el límite máximo permitido desde la primera semana; sin embargo; es importante aclarar que, aunque éstos sobrepasan la norma; se encuentran por debajo de las concentraciones 10^{-5} a 10^{-8} , las cuales afectan de manera negativa la salud por la producción de toxinas en el alimento (Coto et al., 2012).



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

En relación con los crecimientos de *B. cereus* a las 0 horas, 4 y 8 horas de siembra en los cuatro sitios, no se observaron diferencias significativas.

Los recuentos totales obtenidos durante las cinco semanas de análisis, sin contemplar sitio de muestreo, no mostraron diferencias significativas en los recuentos totales a las 0 horas, sin embargo, al aumentar el tiempo a cuatro horas si se observa diferencias que se sugiere pueden deberse a una disminución de la temperatura o el manejo de cada una de las muestras. Finalmente, a las ocho horas no se observaron diferencias significativas durante las cinco semanas de análisis, lo que puede sugerir que las primeras cuatro son claves para la dinámica poblacional de la bacteria *B. cereus* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Wilcoxon Kruskal-Wallis para las cinco semanas muestreadas.

Prueba de Wilcoxon Kruskal-Wallis para las cinco semanas muestreadas			
	Chi cuadrado	gl	Prob > Chi cuadrado
Siembra 0h	2,9753	4	0,562
Siembra 4 h	14,1107	4	0,007 *
Siembra 8 h	4,1822	4	0,3819

La comparación de cada par de semanas muestreada por el método de Wilcoxon, observándose en términos generales que la semana 5 fue la que presentó mayor recuento microbiano en general, sin contemplar hora ni sitio de muestreo, es decir se presentan los correspondientes incrementos poblacionales en función del tiempo transcurrido (Cuadro 6).



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. Comparación para cada par por el método de Wilcoxon.

Cada par por Wilcoxon			
Nivel	- Nivel	Z	Valor p
Semana 2	Semana 1	2,28351	0,0224 *
Semana 3	Semana 1	1,15772	0,247
Semana 4	Semana 1	0,34709	0,7285
Semana 4	Semana 3	-0,20234	0,8397
Semana 4	Semana 2	-1,24293	0,2139
Semana 3	Semana 2	-1,3013	0,1932
Semana 5	Semana 1	-1,59431	0,1109
Semana 5	Semana 4	-1,82621	0,0678
Semana 5	Semana 3	-2,58272	0,0098 *
Semana 5	Semana 2	-3,3856	0,0007 *

Prueba confirmativa de *Bacillus cereus* con API 50CH y API 20E

El sistema API 50 CHB/E Medium está destinado a la identificación de los *Bacillus* y microorganismos próximos, así como los bacilos Gram negativos pertenecientes a las *Enterobacteriaceae* y *Vibrionaceae*. Este medio permite realizar el estudio de fermentación de los 49 azúcares de la galería API 50 CH. Durante la incubación, el catabolismo de los glúcidos produce ácidos orgánicos que hacen cambiar el color del indicador del pH. Los resultados obtenidos constituyen el perfil bioquímico de la cepa y permiten la identificación de esta con la ayuda del software informático de identificación. La galería API 20 E se utiliza como complemento de la galería API 50 CH. El api 20E nos permite identificar bacterias de la familia *Enterobacteriaceae* y otros bacilos Gram negativos, mediante 23 pruebas bioquímicas estandarizadas (bioMérieux®, 2005). Esta prueba arrojó un resultado negativo para la presencia de bacilos Gram negativos. Por tal motivo, el perfil bioquímico obtenido en el API 50 CHB/E se identificó a partir de la base de datos (V4.0), con la ayuda del api web™, confirmando la presencia de *Bacillus cereus* var *mycoides* en un 97,3 %. Lo cual resulta exitoso debido a que esta investigación deseaba identificar *Bacillus cereus* independientemente de la variedad (Figura 8).



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

Contraloría General de la República. (2008). *Encuesta de niveles de vida (ENV)*.
<http://www.contraloria.gob.pa/inec/Aplicaciones/ENV2008/intro.html>

Coto, R., Chaves, C., Gamboa, M., y Arias, M. (2012). Calidad bacteriológica y detección de *Bacillus cereus* toxigénicos en arroz blanco cocido expendido en el área metropolitana de la provincia de San José, Costa Rica. *ALAN*, 62(3), 283-289.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000300011

Finlay, W., Logan, N., y Sutherland, A. (2002). *Bacillus cereus* emetic toxin production in cooked rice. *Food Microbiology*, 19(5), 431-439.
<https://doi.org/10.1006/fmic.2002.0505>

Forero, A., Galindo, M., y Morales., G. (2018). Aislamiento de *Bacillus cereus* en restaurantes escolares de Colombia. *Biomédica*, 38, 338-44.
<https://doi.org/10.7705/biomedica.v38i3.3802>

Gaceta Oficial 25062. (2004). *Decreto Ejecutivo N° 157 que establece los requisitos para el control sanitario de la manipulación, preparación y expendio de alimento en las fondas, kioscos y ventas ambulantes, y dicta otras disposiciones*.
http://gacetas.procuraduria-admon.gob.pa/25062_2004.pdf

Granum, P. (2002). *Bacillus cereus and food poisoning. Applications and systematics of Bacillus and Relatives*, 141-159. <https://doi.org/10.1002/9780470696743.ch4>

Guías de interpretación. (2012). 3M Petrifilm® RAC y EC.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2006). Informe anual. B0381e.pdf (iica.int).



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

International Standard ISO 7932. (2004). Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the enumeration of presumptive *Bacillus cereus*. Colony - count technique at 30°C. Third edition, 2004-06-15. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:7932:ed-3:v1:en>

Norma NTS No. 071 MINSA/DIGESA-V.01. (2008). Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú. RM591MINSANORMA.pdf (saludarequipa.gob.pe)

Norma R/M N°615. (2003)-SA/DM. "Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano". Perú. RM591MINSANORMA.pdf (saludarequipa.gob.pe)

Pérez Portuondo, I., Orberá Ratón, T., y Tamayo Núñez, J. (2011). Aislamiento e identificación de *Bacillus cereus* a partir de dos variantes de arroz comercial (*Oryza sativa* L.). *CENIC Ciencias Biológicas*, 42(3), 139-144. <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181222321005.pdf>

Pielaat, A., Fricker, M., Nauta, M., y Van Leusden, F. (2005) Biodiversity in *Bacillus cereus*. RIVM report 250912004/2005. National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands. <https://www.foodstandards.gov.au/publications/Documents/Bacillus%20cereus.pdf>

Sánchez, J., Correa, M., y Castañeda Sandoval, L. M. (2016). *Bacillus cereus* un patógeno importante en el control microbiológico de los alimentos. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 34(2), 230-242. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/20973>
<https://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v34n2/v34n2a12.pdf>
[doi:10.17533/udea.rfnsp.v34n2a12](https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a12)



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

FLORA FÚNGICA Y NIVELES DE AFLATOXINAS EN FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS¹

*Rito Herrera²; Martha de Von Chong³; Alexis De La Cruz⁴;
Jenifer Cedeño⁵; Lissete Vargas⁵*

RESUMEN

Las frutas y hortalizas son los principales sustratos orgánicos que permiten el desarrollo y esporulación de hongos en los mercados agropecuarios. Este trabajo consistió en caracterizar la flora fúngica y evaluar los niveles de aflatoxinas totales, mediante el tratamiento de lavado y no lavado en frutas (naranja, guayaba) y hortalizas (repollo, tomate) frescas. Este estudio se realizó en dos supermercados en el distrito de Chitré, provincia de Herrera. El aislamiento de hongos se efectuó en 128 muestras, en un periodo de un mes. Los resultados de los análisis de las muestras estudiadas demuestran que hay una elevada presencia del hongo *Aspergillus niger*, el cual presentó un 58% del total respecto a los otros hongos encontrados, seguidos de *Aspergillus ochraceus* con un 18%, *Aspergillus flavus* con 7%, *A. versicolor* con 6%, *A. sclerotium* con 5%, *Alternaria* sp. con 4% y *Rhizopus* sp. con 2%. La detección de aflatoxinas totales se realizó por medio de ELISA, siendo este un inmunoensayo de enzimas competitivas, en donde los niveles de aflatoxinas de las muestras procesadas se analizaron por tratamiento. Los resultados de cada producto evaluado cumplieron en su mayoría con las tres normas internacionales, a excepción de la guayaba que sobrepasó los niveles permisibles de 4ppb para la UE. El mayor crecimiento fúngico se observó en el supermercado A, para la guayaba bajo el tratamiento de lavado. De igual manera, para las aflatoxinas totales el producto con más concentración fue la guayaba. El hongo de mayor crecimiento fue el *Aspergillus niger*.

Palabras clave: *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus flavus*, micotoxinas.

¹Recepción: 25 de julio de 2022. Aceptación: 10 de septiembre de 2022. Universidad de Panamá.

²IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria en Recursos Genéticos-Universidad de Panamá. Ph.D. Microbiología. e-mail: rhv76@yahoo.es. <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé. M.Sc. Microbiología. <https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

⁴Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero. M.Sc. Microbiología Ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-1938-6535>

⁵Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé. Lic. Téc. Alimentos.



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

FUNGAL FLORA AND AFLATOXIN LEVELS IN FRESH FRUITS AND VEGETABLES

ABSTRACT

Fruits and vegetables are the main organic substrates, which allow the development and sporulation of fungi in the agriculture markets. This work consisted of characterizing the fungal flora and evaluating the levels of total aflatoxins, through the washed and unwashed treatment in fresh fruits (orange, guava) and vegetables (cabbage, tomato). This study was carried out in two supermarkets in the district of Chitré, province of Herrera. The isolation of fungi was carried out in 128 samples, in a period of one month. The results of the analyzed samples revealed a high presence of the *Aspergillus niger* fungus, which presented 58% of the total compared to the other observed fungi, followed by *Aspergillus ochraceus* with 18%, *Aspergillus flavus* with 7%, *A. versicolor* with 6%, *A. sclerotium* with 5%, *Alternaria* sp. with 4% and *Rhizopus* sp. with 2%. Total aflatoxins detection was performed using ELISA, this being a competitive enzyme immunoassay, where the aflatoxin levels of the processed samples were analyzed by treatment. The results of each evaluated product mostly comply with the three international standards, except for guava that exceeded the permissible levels of 4ppb for the EU. The highest fungal growth occurred in supermarket A, for guava product under washing treatment. Similarly, for total aflatoxins, guava was the product with the highest concentration. *Aspergillus niger* evidenced the fastest fungi growth.

Key words: *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus flavus*, mycotoxins.

INTRODUCCIÓN

Los primeros casos de micotoxicosis conocidos fueron debidos al centeno contaminado con *Claviceps purpurea*, en la edad media. En Argentina, Quevedo (1912), describió la acción de los metabolitos tóxicos de un *Aspergillus* del maíz sobre especies animales, primera observación científica de las micotoxicosis en Sudamérica. En 1960 se dio una intoxicación masiva en Inglaterra por la enfermedad "X" de los pavos, la cual provocó la pérdida de 100.000 ejemplares intoxicados por harina de cacahuete. Lo que condujo al descubrimiento de las aflatoxinas, toxinas producidas por el hongo *Aspergillus flavus*, contaminantes alimentarios en zonas húmedas y potentes carcinógenos (Lillehoj, 1991).

En estudios microbiológicos realizados por la Universidad Veracruzana en México, se analizaron 28 muestras de frutas y hortalizas frescas, en un período de un año, aislando



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

27 especies de hongos fitopatógenos, donde el 51,9% sintetizaban micotoxinas (Trigos et al., 2008). Otra investigación por la Universidad Jorge Besadre Grohmann en diferentes mercados de abastos determinó la presencia de hongos fitopatógenos, obteniendo ocho géneros tales como: *Penicillium* sp., *Candida* sp., *Cladosporium herbarm*, *Rhodotorula* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus niger*, *Botrytis* sp., *Mucor* sp. De igual manera, en la zona de Comondú, Baja California Sur México; se realizó aislamiento de hongos fitopatógenos en naranja. Identificando morfológicamente los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium* (Ochoa et al., 2007).

En las últimas investigaciones realizadas en Morelia, región oriente de Michoacán, se estudió la infección de hongos fitopatógenos en cultivos de guayabas (*Psidium guajava*), donde se identificó los géneros *Pestalotiopsis* y *Alternaria*; a los cuales se les realizó pruebas de sensibilidad, demostrando eficiencia en ambos géneros (Ávila, 2011).

En la unidad de investigación del Centro Regional Universitario de Azuero se realizaron estudios que comprueban la presencia de las Aflatoxinas B1 en Maíz, producto obtenido en el campo, al igual que las frutas y las hortalizas. También se obtuvieron crecimientos de hongos de los géneros: *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. y *Penicillium* sp.

La importancia de las pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas radica en una inversión para su producción, distribución y venta. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO, 2003], calcula en 25% las pérdidas postcosecha por consecuencias de manipulación inadecuada, deterioro, plagas y enfermedades, implicando que una cuarta parte de la producción no llegue al consumidor. Además, menciona que las frutas, hortalizas, raíces y tubérculos son menos resistentes y se deterioran rápidamente. Por esta razón, en algunos productos como plátanos, tomates y cítricos, las pérdidas no son menos del 50%, la mitad de lo producido (Wilson y Lawrence, 1985).

Las pérdidas postcosecha en el mundo causadas por hongos, pueden ser del 12% o incluso superior en los países en desarrollo). Muchos patógenos están causando graves daños a la agricultura en pre y postcosecha. De esta manera, la amenaza de las enfermedades postcosecha está en función de la manera en cómo se manejen la mayoría



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 los productos hortofrutícolas y de ahí la importancia de entender la naturaleza de los patógenos y la fisiología del producto (Baipai et al., 2007).

Panamá es un país con una elevada producción agrícola, generalmente en tierras altas, donde estos productos son utilizados para el consumo nacional e internacional; debido a las características climatológicas es cada vez mayor la aparición de hongos en las cosechas y en el almacenaje. En la actualidad, falta establecer niveles permisibles de flora fúngica y micotoxinas, representando un agente nocivo para la salud, ya que estos se pueden aspirar en mercados o puntos de esporulación donde pueden causar alergias respiratorias, intoxicaciones sanguíneas o bien micotoxicosis por consumo del producto contaminado.

Las frutas y hortalizas son productos perecederos, susceptibles al ataque de microorganismos antes o después de la cosecha y durante su almacenamiento; tal es el caso de los hongos fitopatógenos, los cuales, de acuerdo con Herrera-Estrella y Carsolio (1998) pueden provocar grandes pérdidas en la producción de frutas y hortalizas. Por otra parte, este tipo de microorganismos son capaces de producir sustancias, como resultado de su metabolismo secundario, como las micotoxinas, que se distribuyen con facilidad en el substrato y pueden llegar a ser perjudiciales, aun cuando se encuentran en concentraciones muy bajas, poniendo en entredicho su inocuidad, ya que un 25% de las cosechas de alimentos a nivel mundial están contaminadas con algún tipo de micotoxinas, lo cual representa un fuerte riesgo para la salud de la población de países que no controlan estos contaminantes (FAO, 2003).

El control de la contaminación por aflatoxinas debe basarse en minimizar el número de frutos susceptibles a la colonización por el patógeno, disminuyendo el daño por insectos y reduciendo el porcentaje de frutos con apertura prematura de la cáscara. En California, debido a la asociación entre la polilla de la naranja y la contaminación por aflatoxinas, el control de las poblaciones de esta plaga es esencial (Palumbo et al., 2014). Por ejemplo, una de las prácticas más efectivas consiste en adelantar la recolección a fin de evitar los daños causados por la tercera generación de la polilla de la naranja.



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

Finalmente, la industria ha usado distintos métodos para reducir la presencia de aflatoxinas en alimentos contaminados, por ejemplo, el tostado de pistachos en presencia de zumo de limón o ácido cítrico destruye el 90% de aflatoxina B1 (Rastegar et al., 2017). La especie *A. flavus* produce aflatoxinas B1 y B2, mientras que *A. parasiticus* puede producir, además, aflatoxinas G1 y G2. Debido a ello, en California (EE. UU.), el porcentaje de muestras de pistacho que sobrepasan el umbral de 15 µg/kg a causa de la infección por *A. parasiticus* son frecuentemente mayores que los causados por *A. flavus*. La aflatoxina B1 es uno de los cancerígenos más potentes conocidos y está regulada en la Unión Europea independientemente del conjunto de éstas (García López et al., 2018).

Por otra parte, se observan características generales de las micotoxinas, su ingesta, peligro, micotoxicosis y la clasificación de las micotoxinas que abarca aflatoxinas y otras que son de interés, además habla de las normativas de las aflatoxinas totales para el consumo humano en alimentos como lo son: UE, MERCOSUR y AESAN.

Esta investigación tuvo como objetivo la evaluación y detección de flora fúngica y niveles de aflatoxina totales con la técnica de ELISA, tomando en cuenta el lavado y no lavado de frutas (naranja, guayaba) y hortalizas (repollo, tomate) frescas; procedente de dos supermercados en el distrito de Chitré, provincia de Herrera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio de estudio:

Se llevó a cabo en dos supermercados del distrito de Chitré, provincia de Herrera, denominados Supermercado A; ubicado en Avenida central, corregimiento de Chitré (cabecera) y Supermercado B; ubicado frente Arcillas de Chitré, corregimiento de Chitré (cabecera). Ambos supermercados son de grandes cadenas a nivel nacional y debido a las políticas de restricción bajo las que se rigen estos supermercados para la autorización a realizar estudios de este tipo, no se podrá dar a conocer sus nombres; ya que marcarían la imagen de estos. El área de estudio específica fueron las frutas y hortalizas frescas tomadas directas de los refrigeradores donde éstas permanecen refrigeradas y listas para el consumo humano.



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 identificación de los hongos se realizó en la unidad de investigación y el laboratorio de Microbiología del Centro regional universitario de Azuero, Universidad de Panamá, y en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Centro regional Universitario de Coclé, Universidad de Panamá.

Diseño Experimental

Esta investigación es de carácter descriptivo expo factor, en donde las muestras serán tomadas al azar, los datos obtenidos se procesarán por medio de la estadística descriptiva. Para el mismo se tomó en cuenta las variables: independiente (Crecimiento de hongos y niveles de aflatoxinas) y la dependiente (muestras lavadas y muestras no lavadas).

El ensayo consistió en evaluar cuatro productos, dos frutas (naranja, guayaba) y dos hortalizas (repollo, tomate) con una réplica de cada una, siendo cuatro frutas y cuatro hortalizas por cada supermercado (Supermercado A y Supermercado B), ubicados en el distrito de Chitré, provincia de Herrera, a mediados del mes noviembre y parte de diciembre 2012. Dichas réplicas se tomaron para realizar el tratamiento de lavado durante cinco minutos. Esto nos permitió comparar el crecimiento fúngico entre frutas y hortalizas lavadas y no lavadas. El muestreo se llevará a cabo dos veces por semana, en un periodo de un mes, siendo en total 128 muestras.

Los conteos se dieron en respuesta binomial; es decir, si existía o no existía presencia del hongo en cada uno de los productos sometidos a tratamiento. Debido a lo anterior señalado, el análisis estadístico se llevó a cabo utilizando un análisis de frecuencias con la prueba de Chi-Cuadrada.

Muestreo

Las muestras fueron tomadas al azar directamente de los refrigeradores donde se encontraban las frutas y hortalizas frescas, listas para el consumo humano, en dos supermercados elegidos al azar en el distrito de Chitré, provincia de Herrera, donde serán tomadas una replicas por frutas (naranja, guayaba) y hortalizas (repollo, tomate). Las mismas, se colocaron dentro de bolsas plásticas estériles y se transportaron en una nevera bajo refrigeración de 4° C. Posteriormente, fueron llevadas a la unidad de investigación del



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 Regional Universitario de Azuero; en donde se procedió a realizar los análisis pertinentes.

Aislamiento de hongos

Una vez obtenida las muestras procedentes de los dos supermercados, se realizó el aislamiento de los hongos presentes en las frutas y hortalizas no tratadas (sin lavar) y tratadas (lavadas con agua potable por cinco minutos); las muestras se aislaron de un raspado superficial, la cual se procedió a sembrar en platos Petri estériles con medio Agar Papa-Dextrosa (PDA) adicionando 10 mg/ml de ampicilina; antibiótico que inhibe el crecimiento de bacterias (Benbow y Sugar, 1999).

Los platos fueron colocados en una incubadora marca J.P Selector, modelo 136630; a 35° C durante 7 días como tiempo límite, monitoreando el crecimiento de la flora fúngica en diferentes tiempos (24hr, 48hr y 72hr). Posteriormente, se observó su crecimiento con ayuda del estereoscopio y microscopio (Rebufel y Olavarría, 1989).

Separación del medio

Las frutas y hortalizas procedentes de los dos supermercados que presentaron crecimiento fúngico (esporas, hifas y micelios), se separaron de su medio original para evitar contaminación con otros géneros de hongos presentes en una misma muestra. Posteriormente, se realizaron los micro cultivos, que consistieron en cortar un trozo de agar aproximadamente de 1 cm de ancho y largo con crecimiento fúngico de colonias diferenciales; luego se colocaron en un plato Petri con medio de cultivo PDA, luego se le colocaba un cubreobjeto para que las hifas de los hongos se adhieran. Finalmente, se procedió a incubar los micro cultivos durante las primeras 72 horas y se realizó la caracterización fenotípica y morfológica (macro y microscópica mediante montaje por disección) bajo el microscopio; de cada uno de los micro cultivos aislados.

Montaje de placas

Luego de las 72 horas de incubación, se retiró el cubreobjeto que se encontraba sobre el micro cultivo con ayuda de una pinza estéril, el mismo fue colocado sobre un portaobjeto el cual contenía una gota de azul de metileno al 1%, que permitía que los



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

elementos fúngicos se tiñan de un color azul-violeta, el cual facilitó su identificación con el microscopio bajo los objetivos de 10X, 40X y 100X.

Identificación fenotípica con la clave taxonómica

Los hongos presentan una sorprendente variedad de tamaños y formas. Los mohos son hongos filamentosos o micelares, estando compuestos de unas redes llamadas hifas que están entrelazados formando micelio. El micelio y los cuerpos fructíferos de un moho se refieren colectivamente al talo fungal. Las esporas de los hongos son de importancia primordial en la identificación del hongo, por ello, se empleó claves taxonómicas.

Para la identificación de hongos fitopatógenos es necesario la observación de sus estructuras somáticas y reproductivas. Mediante la técnica de cámara húmeda y/o aislamiento es posible inducir la aparición de estas estructuras. La observación de las características de las estructuras producidas y el uso de claves taxonómicas son necesarios para determinar el género y la especie del hongo patógeno. Para la identificación de los hongos basadas en sus estructuras reproductivas se utilizó la clave de Carrillo, 2003.

Inmunoensayo enzimático para el análisis cuantitativo de aflatoxinas

(Prueba de ELISA)

La prueba de ELISA fue utilizada para la detección y cuantificación de las aflatoxinas, como se observa en el flujograma de la Figura 1.

Para la confección de la curva patrón, se tomaron cuatro sensibilizadores con anticuerpo anti-aflatoxina a concentraciones de 0 ppb (estándar 1), 5 ppb (estándar 2), 15 ppb (estándar 3) y 50 ppb (estándar 4), se utilizaron 20 micro pozos de fondo rojo (pozos de mezclado) para realizar dicha prueba, cuatro micro pozos para los controles y 16 micro pozos para las muestras; todos estos colocados sobre el soporte de microplaca, con una puntilla nueva para cada micro pozo. Finalmente, se procedió a la lectura de los micro pozos usando el lector StatFax® con un filtro de 650 nanómetros.



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

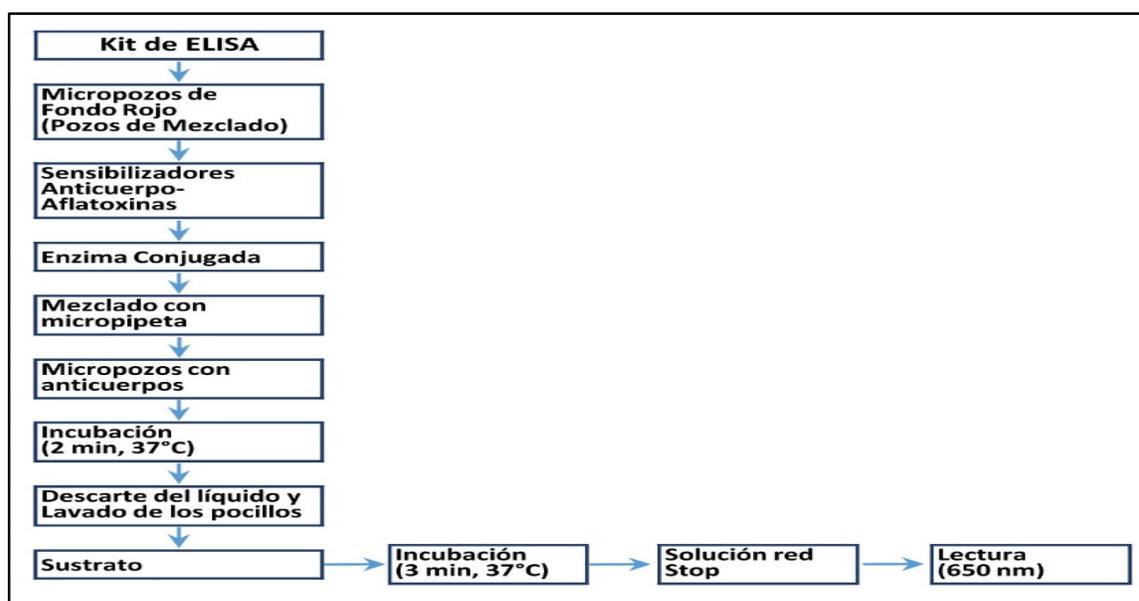


Figura 1. Flujograma de proceso. Inmunoensayo enzimático para el análisis cuantitativo de Aflatoxinas.

Procesamiento para aflatoxinas totales con el Kit de ELISA

Para la determinación de aflatoxinas totales se utilizó el kit Elisa Veratox Aflatoxin (Quantitative Test®) se procedió a pesar 5 g de cada fruta y hortaliza (tratada y no tratada), las mismas fueron trituradas con un homogeneizador Stomacher procesador de alimentos, luego en un vaso químico de 50 ml se mezcló la muestra triturada con 25 ml de metanol al 70% y se dejó reposar por tres minutos, posteriormente se procedió a filtrar la mezcla con papel filtro estéril; obteniendo así la muestra concentrada. Los datos cuantitativos se determinaron a 650 nm mediante el lector StatFax®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron 128 muestras, a partir de estos crecimientos fúngicos se caracterizaron taxonómicamente los hongos *Aspergillus niger* con 58%, *Aspergillus ochraceus* con 18% y *Aspergillus flavus* 7%, siendo estos los que presentaron la mayor cantidad de muestras positivas para el crecimiento de hongos fitopatógenos presentes en frutas y hortalizas, sin embargo, se identificó de igual manera otras especies de hongos con menor crecimiento como *Aspergillus versicolor* con 6%, *Aspergillus sclerotiorum* con 5%, *Alternaria* sp. con 4% y *Rhizopus* sp. 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/).

El análisis de la investigación sobre poblaciones de hongos (fenotipos) en los tratamientos sin lavar, lavado de frutas y hortalizas frescas se realizó por conteos de las muestras positivas en respuesta binomial (presencia o ausencia) del hongo en cada uno de los productos evaluados. La descripción cualitativa se da para los hongos con mayor ocurrencia como lo son: *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. flavus*; para ellos se muestra cuadros y gráficas de las muestras positivas y porcentajes en naranja, guayaba, repollo, tomate para los tratamientos de lavado y no lavado en cada muestreo realizado en el supermercado A y B.

Por otra parte, para la detección de las aflatoxinas totales con el kit de ELISA, resultando la guayaba el único producto que sobrepasa los niveles permisibles para consumo humano, establecidos por la UE.

Géneros y especies de la flora fúngica encontrada en frutas y hortalizas frescas.

Estos hongos fueron aislados de frutas y hortalizas frescas preparadas para la distribución y consumo del ser humano en los supermercados. Se lograron identificar tres géneros de hongos: *Aspergillus* con cinco especies (*A. niger*, *A. ochraceus*, *A. flavus*, *A. versicolor*, *A. sclerotium*), *Alternaria* sp. y *Rhizopus* sp.

La distribución total de la flora fúngica encontrada en frutas y hortalizas frescas resultó que el hongo *Aspergillus niger* alcanzó un 58% de crecimiento, siendo el hongo con mayor porcentaje (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/).

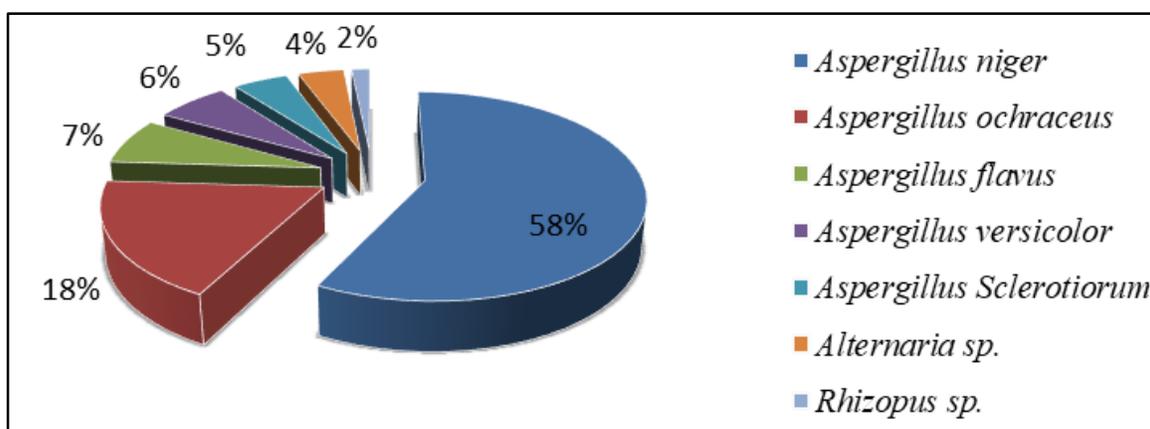


Figura 2. Distribución total de porcentaje de flora fúngica en frutas y hortalizas frescas, en dos supermercados en Chitré.

Los hallazgos encontrados para los hongos en frutas y hortalizas frescas en nuestra investigación se asemejan al estudio realizada por Trigos et al., 2008. En el cual se obtuvieron un total de 27 especies fúngicas, pertenecientes a 18 géneros, de las cuales coincidió con los resultados para los hongos *Alternaria sp.* y *Rhizopus sp.* en todos los hongos encontrados se comprobó que el 100% presentaron patogenicidad en el producto original, de acuerdo con los postulados de Koch; sin embargo, éstas pasaron desapercibidas tanto por vendedores como por consumidores. Finalmente, se corroboró que el 60,9% de dichas especies pueden ser potencialmente productoras de micotoxinas (Trigos et al., 2008).

Crecimiento de *A. niger* por muestreos

Para evaluar la presencia de *A. niger* sobre frutas y hortalizas en cada muestreo se tomó en cuenta las condiciones muy variadas para su desarrollo y crecimiento inmediato, ya que en tres días se observaba la presencia de éste (colonias negras que desarrollan gran cantidad de esporas), lo que influye en la proliferación y propagación de las del patógeno (Guerrero et al., 2003).

La comparación de los tratamientos y supermercados se realizaron con la finalidad de corroborar la eficacia del lavado de cada fruta y hortaliza evaluada, (si disminuye o aumenta en cada supermercado en este caso para el hongo *A. niger*), ya que es importante determinar la calidad microbiológica de cada producto que se consume (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/).

Cuadro 1. Distribución de *Aspergillus niger* por tratamiento y producto en dos supermercados de Chitré.

TRATAMIENTO	NARANJA	GUAYABA	REPOLLO	TOMATE	TOTAL
SIN LAVAR: 1	8	14	8	5	35
LAVADO: 2	6	11	10	10	37
SUPERMERCADO					
A	9	14	10	7	40
B	5	11	8	8	32

En la comparación de muestras positivas para el hongo *A. niger* se encontró mayor presencia en la guayaba sin lavar, de igual manera este producto es el de mayor crecimiento en el supermercado A. Sin embargo, en ambos tratamientos y supermercados hubo alta prevalencia del hongo con diferencia mínima entre ellos, señalando los resultados que el tratamiento de lavado con agua potable no es efectivo en la disminución de la presencia de este hongo, ya que en ciertos productos el tratamiento de lavado aumenta la presencia de *A. niger*.

Crecimiento general de *Aspergillus ochraceus*

Para el comportamiento del hongo *A. ochraceus* los resultados indicaron que el crecimiento más elevado se observó en naranja, con un 25%. En la distribución total de este hongo hubo mayor crecimiento en muestras sin lavar procedentes del supermercado A (Cuadro 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 2. Distribución de muestras positivas y porcentajes para *Aspergillus ochraceus* para tratamiento, supermercado, producto y muestreo.

TRATAMIENTO	POSITIVOS DE 64	Porcentaje
SIN LAVAR	13	20,13
LAVADO	10	15,62
SUPERMERCADO	POSITIVOS DE 64	
A	12	18,75
B	11	17,19
PRODUCTO	POSITIVOS DE 32	
Naranja	8	25,00
Guayaba	5	15,63
Repollo	3	9,37
Tomate	7	21,87
MUESTREOS	POSITIVOS DE 16	
1	2	12,50
2	3	18,75
3	5	31,25
4	3	18,75
5	4	25,00
6	6	37,50
7	0	0,00
8	0	0,00

Crecimiento general de *Aspergillus flavus*

La presencia de este hongo en los productos alimenticios es notoria, ya que es uno de los causantes carcinógenos en la actualidad. El crecimiento de este hongo en frutas y hortalizas nos indica una posible presencia de Aflatoxinas totales ya que no es necesario alta ocurrencia de un hongo para la producción de su micotoxina (Carrillo, 2003). En el Cuadro 3, se observa el comportamiento del hongo *Aspergillus flavus*. El crecimiento más relevante se observó en las muestras lavadas del supermercado B; siendo en la fruta guayaba donde se encontró mayor prevalencia de *A. flavus* con 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 3. Distribución de muestras positivas y porcentajes para *Aspergillus flavus* para tratamiento, supermercado, producto y muestreo.

TRATAMIENTO	POSITIVOS DE 64	Porcentaje
SIN LAVAR	3	4,69
LAVADO	6	9,38
SUPERMERCADO		
POSITIVOS DE 64		
A	3	4,69
B	6	9,38
PRODUCTO		
POSITIVOS DE 32		
Naranja	1	3,12
Guayaba	3	9,37
Repollo	2	6,25
Tomate	3	9,37
MUESTREOS		
POSITIVOS DE 16		
1	2	12,50
2	1	6,25
3	0	0,00
4	1	6,25
5	0	0,00
6	2	12,50
7	1	6,25
8	2	12,50

Son suficientes, mínimas cantidades de colonias de *Aspergillus flavus* para su propagación y desarrollo toxigénico, ya que es uno de los hongos menos frecuentes, pero entre los más toxigénico debido a su potencial capacidad de producir metabolito secundario tóxico en fase estacionaria como lo son las aflatoxinas, (Kurtzman et al., 1987) micotoxina en estudio.

El crecimiento de *A. flavus* en tratamiento sin lavar y lavado de cada producto, donde observamos mayor crecimiento en muestras lavadas. Tanto en naranja como en repollo no se registra crecimiento en muestras sin lavar. El mayor crecimiento de *A. flavus* por supermercado se observa en el producto guayaba.



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 demás productos igual presentaron este hongo, pero con menos cantidad. En una investigación realizada por Ochoa et al. (2007) en Baja California Sur, México se muestran resultados similares a nuestra investigación, respecto a la naranja. Se aislaron e identificaron morfológicamente hongos fitopatógenos pertenecientes al género *Aspergillus*, donde se caracterizó *Aspergillus flavus*.

Evaluación de Aflatoxinas totales en frutas y hortalizas

Los controles se dan en ppb, siendo esto la unidad de medida de las concentraciones de aflatoxinas totales, cada uno indica el rango de densidad que se tomara en cuenta para la comparación con las normas internacionales de niveles de aflatoxinas totales en alimentos, ya que en la actualidad no se cuenta con estas en Panamá. En relación con la disminución de densidad óptica, entre menor es el valor de aflatoxinas totales en los controles (ppb) mayor será la concentración de densidad óptica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentración de Aflatoxinas totales en función de su densidad óptica.

Controles	Densidad Óptica
0 ppb	2,855
5 ppb	1,625
15 ppb	1,158
50 ppb	0,574

Niveles de Aflatoxinas totales en supermercado A y B para frutas y hortalizas lavadas y no lavadas

Las aflatoxinas representan un riesgo muy elevado para la salud pública, por ser un potencial carcinógeno; por lo que se recomienda que se reduzca los niveles de éstas en alimentos (Bennett y Klich, 2003). El problema de las aflatoxinas totales es una preocupación mundial, causando importantes pérdidas humanas y económicas. Aproximadamente el 5-10 % de la producción total mundial de alimentos parece estar irremediablemente pérdida por estas causas (Abbas et al., 2016).

La densidad óptica está estrictamente ligada con la concentración de aflatoxinas totales porque muestra el rango de ppb que se encuentra en cada muestra que resultó positiva (a medida que aumenta la concentración de AFT la densidad disminuye). 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/).

concentraciones de aflatoxinas totales más elevadas fueron encontradas en el supermercado A en repollo sin lavar (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de niveles de Aflatoxinas Totales en el supermercado A, para frutas y hortalizas frescas.

Muestra	Densidad Óptica	Aflatoxinas Totales (ppb)
1T1	2,609	0,3
1T2	2,198	1,5
2T1	2,489	0,6
2T2	2,542	0,4
3T1	2,067	2,1
3T2	2,351	0,9
4T1	2,286	1,1
4T2	2,337	1,0

Nota: Para una mejor muestra de cuadros y gráficas correspondientes a los niveles de aflatoxinas totales encontradas en cada uno de los supermercados (A y B) se abreviaron ciertos términos que se detallan a continuación: (1 = Naranja, 2 = Guayaba, 3 = Repollo, 4 = Tomate, T1 = Tratamiento sin lavar, T2 = Tratamiento de lavado).

En el supermercado A, se observa los niveles de aflatoxinas totales encontrados en frutas y hortalizas frescas, por medio de promedio evaluado por el lector para kit de ELISA en cada uno de los productos y tratamientos. Se evaluó los productos naranjas, guayaba, repollo y tomate siendo 1, 2, 3, 4 respectivamente y los tratamientos 1 y 2, lavado y sin lavar. Las aflatoxinas representan un peligro por consumidor de frutas y hortalizas contaminadas, ya que son sin lugar a duda las micotoxinas más importantes por ser sustancias hepatotóxicas, carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas (Frisvad y Samson, 1991).

En el supermercado B se encontró la mayor concentración de aflatoxinas totales en frutas y hortalizas frescas, en el producto guayaba para el tratamiento lavado (2T2), seguido de la naranja en el tratamiento lavado (1T2). A medida que la densidad disminuyó la concentración de AFT aumentó notoriamente. La guayaba fue el producto donde se encontró mayor la presencia del hongo *Aspergillus flavus* y en el supermercado B este resultado se refleja en los niveles de aflatoxinas totales encontrados, ya que de igual manera fue el producto con mayor concentración de aflatoxinas totales. Esto nos permite



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

relacionar la presencia de *A. flavus* con la concentración de Aflatoxinas totales en el producto guayaba para el mismo supermercado (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles de Aflatoxinas Totales en el supermercado B, para frutas y hortalizas frescas.

Muestra	Densidad Óptica	Aflatoxinas Totales (ppb)
1T1	2,479	0,6
1T2	2,104	1,9
2T1	2,283	1,2
2T2	1,597	5,6
3T1	2,424	0,7
3T2	2,170	1,6
4T1	2,203	1,5
4T2	2,177	1,6

Nota: Para una mejor muestra de cuadros y gráficas correspondientes a los niveles de aflatoxinas totales encontradas en cada uno de los supermercados (A y B) se abreviaron ciertos términos que se detallan a continuación: (1 = Naranja, 2 = Guayaba, 3 = Repollo, 4 = Tomate, T1 = Tratamiento sin lavar, T2 = Tratamiento de lavado).

Comparación de aflatoxinas totales encontradas, respecto a normas alimenticias internacionales.

Los resultados en comparación a los niveles de aflatoxinas totales permisibles en alimentos según la Unión Europea, MERCOSUR y AESAN, mostraron que el producto guayaba fue el único que sobrepasó los niveles permisibles de 4 ppb de la UE, con una concentración de 6 ppb (Figura 3).

Por otra parte, los demás productos contienen cantidades menores de aflatoxinas que representan de igual manera un peligro, ya que el consumo constante de bajas concentraciones se acumula hasta llegar a ser perjudiciales en la salud. Las concentraciones obtenidas para las aflatoxinas totales nos permiten observar que independientemente del producto y tratamiento aplicado los niveles de aflatoxinas persisten de tal modo que el agua potable que se les aplica en casa para el consumo diario no ayuda a disminuir los riesgos que representan en la salud pública las aflatoxinas.



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

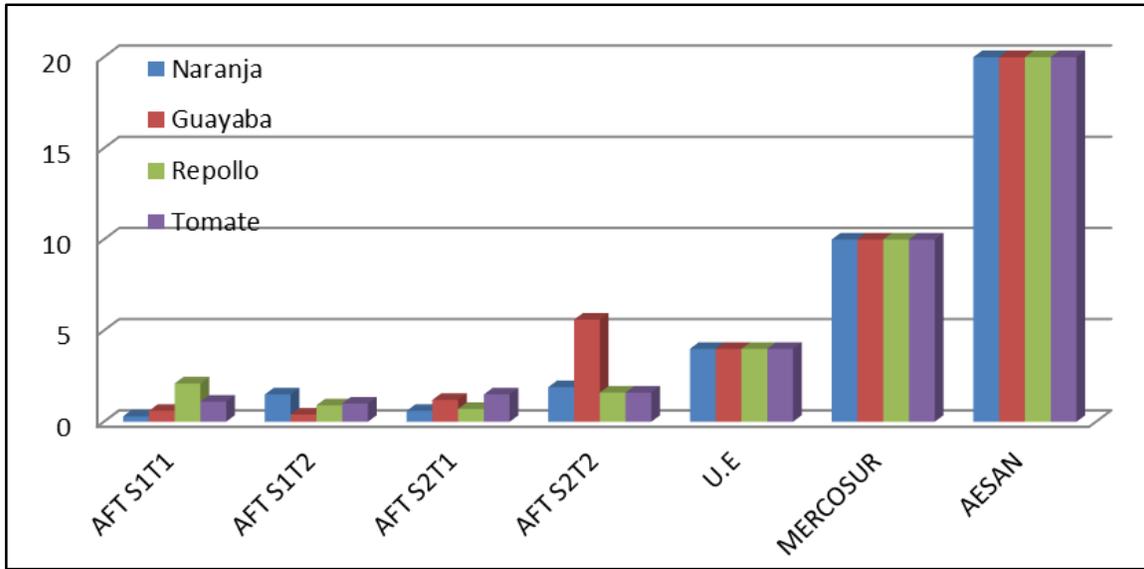


Figura 3. Comparación de Aflatoxinas Totales en frutas y Hortalizas frescas, respecto a las normas de niveles permisibles, en dos supermercados de Chitré.

Es importante mencionar que de los cuatro productos evaluados solo uno sobrepasó los niveles permisibles en una de las tres normativas empleadas para la comparación de los niveles de aflatoxinas totales en alimentos, por lo que se consideró que para todos los productos los niveles fueron bajos.

CONCLUSIONES

- El hongo con mayor ocurrencia en este estudio fue *Aspergillus niger* con un 58%.
- El tratamiento de lavado y el Supermercado A presentaron la mayor ocurrencia de flora fúngica.
- El producto con mayor concentración de aflatoxinas totales fue la guayaba con 6 ppb, en el supermercado B, siendo el único producto que sobrepasó los niveles permisibles de la UE para aflatoxinas totales en alimentos.



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

- Abbas, K., Bellaloui, N., y Arnold Bruns, H. (2016). Investigating Transgenic Corn Hybrids as a Method for Mycotoxin Control. *Food and Nutrition Sciences*, 7(1). [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1661257](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1661257)
- Ávila, L. (2011). Hongos Fitopatógenos Aislados de Cultivar de Guayaba (*Psidium guajava*). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. Automatización. UMNSNH. 11. <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx/>
- Bajpai, V., Rahman, A., y Chul, K. S. (2007). Chemical composition and anti-fungal properties of the essential oil and crude extracts of *Metasequoia glyptostroboides*. Miki ex Hu. *Industrial Crops and Products*, 26(1), 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.12.012>
- Benbow, J. M., y Sugar, D. (1999). Fruit surface colonization and biological control of postharvest diseases of pear by preharvest yeast application. *Plant Disease*, 83(9), 839-844. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.1999.83.9.839>
- Bennett, J. W., y Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 497-516. <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497-516.2003>
- Carrillo, L. (2003). *Los Hongos de los alimentos y Forrajes*. Universidad Nacional de Jujuy. I edición:1-31. <https://es.scribd.com/document/406421880/Manual-de-Microbiologia-de-los-Alimentos-pdf>
- 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*. Capítulo 1, 9-14. <https://www.fao.org/3/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/).

Frisvad, J. C., y Samson, R. A. (1991). Mycotoxins produced by species of *Penicillium* and *Aspergillus*. Chelkowski J (Ed.) Cereal Grain. Amsterdam, *Elsevier*, 441-476.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL9203854>

García López, M., Jaime, R., Camilletti, B., Beltrán, A., Michailides, T., y Morall, J. (2018). Contaminación de aflatoxinas en frutos secos: un problema emergente. *Phytoma*, (302), 38-42.
https://www.phytoma.com/images/pdf/302_frutales_aflatoxinas_frutos_secos.pdf

Guerrero, T. A., Ruiz Sánchez, D., Martínez Chacón, J. F., García, Y., Álvarez Chacón, R., Wong-Chio, M., Vértiz-Chávez, E., y Zavala, J. (2003). Aislamiento de hongos en instalaciones deportivas de la UNAM. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 46(3), 93-96. <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2003/un033d.pdf>

Herrera-Estrella, A., y Carsolio, C. (1998). *Medio ambiente, control biológico y hongos parásitos*. Avance y Perspectiva: 195-204.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Medio-ambiente%2C-control-biol%C3%B3gico-y-hongos-Estrella-Carsolio/9a4c43cfeea799a2d3d02a00f750bde0c08b3169>

Ochoa, J. L., Hernández-Montiel, L. G., Latisnare – Barragán, H., León de La Luz, J. L., y Larralde-Corona, C. P. (2007). Aislamiento e Identificación de Hongos Patógenos de naranja *Citrus sinencis* L. -Osbeck cultivada en Baja California Sur, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(5), 352-359.
<https://doi.org/10.1080/11358120709487712>

Rastegar, H., Shoeibi, S., Yazdanpanah, H., Amirahmadi, M., Khaneghah, A. M., Campagnollo, F. B., y Sant'Ana, A. S. (2017). Removal of aflatoxin B1 by roasting with lemon juice and/or citric acid in contaminated pistachio nuts. *Food Control*, 71, 279-284. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.045>



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

Rebufel, P., y Olavarría, J. (1989). Metodologías para la identificación de especies de hongos en granos básicos almacenados. Santiago, Chile: Serie La Platina (13), 85-88. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/30603>

Trigos, A., Ramírez, K., y Salinas, A. (2008). Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Revista Mexicana de micología*, 28, 125-129. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000300015

Wilson, C. L., y Lawrence, P. P. (1985). Potential for biological control of postharvest plant diseases. *Plant Disease*, 69(5), 375-378. https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1985Articles/PlantDisease69n05_375.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/).

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE DE GANADO JERSEY EN PANAMÁ¹

Melvys Jacqueline Vega-Quintero²; Rosa Itzela Quintero-Montenegro³

RESUMEN

Las propiedades físicas, composición química y microbiológica que caracteriza la leche entera de ganado Jersey constituyen factores importantes en la elaboración industrial de productos lácteos de calidad. Las concentraciones de proteínas, carbohidratos, lípidos, sales minerales, enzimas, vitaminas y agua, constituyen compuestos orgánicos y elementos que determinan la calidad y el valor nutricional de la leche entera de la raza Jersey. La diversidad microbiológica de carácter beneficiosa presente en la leche entera de la raza Jersey, conforma los indicadores biológicos de los procesos de fermentación láctica, para la fabricación de queso, yogurt, leche fermentada y otros. Con el objetivo de caracterizar la leche entera del ganado Jersey en Panamá, se seleccionaron seis sitios de muestreo en el distrito de Tierras Altas de Chiriquí, corregimiento de Volcán, con una población de 100 hembras Jersey post-parto, de las cuales se tomó una muestra al azar de 50 vacas. Se tomaron 24 muestras de leche al azar entre julio y agosto de 2015, cada 15 días. Las principales variables medidas fueron los carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales, bacterias patógenas, entre otras. Se obtuvo como resultado 5,13% de carbohidratos, 3,60% de proteínas, 3,93% de lípidos, 0,96% de minerales, es más concentrada en lactosa y proteína, con valores microbiológicos por debajo de los estándares establecidos, por lo que, se concluye que la leche entera del ganado Jersey, presenta características fisicoquímicas y microbiológicas de alta calidad para el procesamiento.

Palabras claves: Bacterias ácido láctica, propiedades organolépticas, compuestos orgánicos, fermentación láctica, valor nutricional.

¹ Recepción: 23 de julio de 2022. Aceptación: 14 de octubre de 2022. Tesis de Doctorado en Ingeniería de Proyectos, Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología.

² Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología. e-mail: melvys.vega@utp.ac.pa / melvysjv@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4303-4994>

³ Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología. e-mail: rosa.quintero@utp.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1342-932X>



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

PHYSICO-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MILK FROM JERSEY CATTLE IN PANAMA

ABSTRACT

The physicochemical and microbiological composition that characterizes whole milk from Jersey cattle are important factors for the industrial processing of quality dairy products. The concentrations of proteins, carbohydrates, lipids, mineral salts, enzymes, vitamins and water constitute organic compounds and elements that determine the quality and nutritional value of whole milk from Jersey breed. The beneficial microbiological diversity existing in the whole Jersey milk, make up the biological indicators of lactic fermentation processes, for the manufacture of cheese, yogurt, fermented milk and others. In order to characterize whole Jersey milk in Panama, six sampling sites were selected in the Tierras Altas district in Volcán, Chiriquí, with a total population of 100 Jersey cows postpartum, from which a random sample of 50 cows was taken. A total of 24 milk samples were collected from July to August 2015, every 15 days. Main measured variables were carbohydrates, proteins, lipids, minerals, pathogenic bacteria, among others. Milk composition resulted 5,13% of carbohydrates, 3,60% of proteins, 3,93% of lipids and 0,96% minerals, more lactose and protein, with microbiological values under established standards. It is concluded that whole Jersey cattle milk grants high physicochemical and microbiological properties for the industrial processing.

Key words: Lactic acid bacteria, organoleptic properties, organic compounds, lactic fermentation, nutritional value.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación se fundamenta en el análisis de la composición físicoquímica y microbiológica de la leche entera de la raza de ganado Jersey en el distrito de Tierras Altas de la provincia de Chiriquí, República de Panamá. El objetivo del proyecto es evaluar la composición físicoquímica y microbiológica de la leche entera de la raza Jersey como potencial para la producción de derivados lácteos gourmet de calidad en la industria láctea. La raza de ganado Jersey británico fue introducido en las Tierras Altas de la provincia de Chiriquí, con la finalidad de mejorar la producción de leche entera vacuna y proporcionar la base de las estrategias de seguridad alimentaria local y regional del país, con productos de calidad, nutricionales y de amplia vida útil. El aporte de la investigación al conocimiento sobre la composición físicoquímica y microbiológica de la leche entera de la raza Jersey, radica en el desarrollo de nuevos modelos de procesos lácteos para la industria.



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 ganado vacuno Jersey, es una raza británica (Isla Jersey) productora de leche y carne, de pelaje corto chocolate claro, la hembra con masa corporal de 400 a 500 kg y estatura 1,20 m; el macho con masa corporal de 540 a 840 kg y estatura de 1,51 m, aproximadamente. Su nombre científico es *Bos taurus*, clasificado como *Bos primigenius taurus*. Presenta características fenotípicas como: precocidad, facilidad de parto, fertilidad y longevidad.

La leche tiene propiedades específicas, cuyo estándar de composición organoléptica y físicoquímica varían ligeramente, de acuerdo con su tipo (leche de cabra, de vaca y caballo) y se define como la secreción láctea completa y fresca, obtenida por el ordeño completo de una o varias vacas sanas (Luquez, 2001).

La leche se caracteriza por sus propiedades físicas: punto de congelación de $-0,53^{\circ}\text{C}$ a $-0,45^{\circ}\text{C}$, punto de ebullición de $0,15^{\circ}\text{C}$ a $100,17^{\circ}\text{C}$, densidad de 1,030 a 1,033 mg/l, viscosidad de 1,23 $\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$, calor específico de 0,93 J.kg, índice de refracción 1,35, conductividad eléctrica específica de 40×10^{-4} mhos/ 25°C a 50×10^{-5} mhos/ 25°C (Artica, 2014).

La leche entera de ganado bovino contiene valor promedio de 3,6% de proteínas, 4,60% de grasa, sólidos totales 14,1%, el calcio fluctúa entre 15% y 18%, fósforo entre 10% y 12% y agua entre 85,0 y 89,9% (De los Reyes et al., 2010).

La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante al 5% y el rango alrededor de 4,8% a 5,2%. La proporción de las moléculas que componen la lactosa es la siguiente: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/100 g) (Cid et al., 2006) y según Astiasarán y Martínez (2003), la leche de ganado vacuno contiene aproximadamente 0,03% de ácido láctico.

La leche contiene pequeñas cantidades de otros minerales, entre ellos, cobre, hierro, cinc, yodo, manganeso, boro, estaño, titanio, vanadio, rubidio, silicio, litio, estroncio, cromo, bario, germanio, cobalto y otros. Además, contiene enzimas como la Proteasa (también llamada galactasa), amilasa, fosfatasa, lipasa, catalasa, peroxidasa, reductasa, lactasa (Luquez, 2001).



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 plantea, según Del Cid et al. (2006) que la leche contiene varias vitaminas, que algunas están unidas a la grasa y son denominadas vitaminas liposolubles (Vitamina A, D y E) y otras vitaminas están disueltas en su fracción acuosa y se denominan vitaminas hidrosolubles, las cuales son: tiamina (B1), la riboflavina (B2), niacina (B3), piridoxina (B6), Cianocobalamina (B12), la vitamina C y biotina (vitamina H), contiene ácido fólico; según Luquez (2001) contiene las enzimas como Proteasa (también llamada galactasa), amilasa, fosfatasa, lipasa, catalasa, peroxidasa, reductasa, lactasa.

También, contiene microorganismos contaminantes perjudiciales a la salud como coliformes fecales y beneficiosas que favorecen la fermentación de la leche (fermentación láctica), como las bacterias del ácido láctico.

El recuento de coliformes fecales totales aceptada como mínimo por mililitros de leche, debe ser menor a 10,000 UFC/ml y es reconocida como un indicador de contaminación, mientras que el recuento de células somáticas total aceptada debe ser menor a 200,000 UFC/ml, considerada como indicador de salubridad del rebaño. Además, que los microorganismos patógenos deben estar ausentes en la leche (Botina y Ortíz, 2013).

El objetivo de la investigación es analizar la composición físicoquímica y microbiológica de la leche entera de la raza de ganado Jersey y su comparación con otras razas lecheras estudiadas por otros autores.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio la constituye el distrito de Tierras Altas, el cual se localiza en la provincia de Chiriquí, República de Panamá, en la Cuenca Hidrográfica No. 102 denominada Chiriquí Viejo - cuenca alta (Figura 1). Está conformada por los corregimientos de Volcán, Cerro Punta, Cuesta de Piedra, Nueva California y Paso Ancho. Se caracteriza por su zona de vida bosque muy húmedo con 43,26 % de la superficie y bosque húmedo tropical con 15,93 %. Comprende clima oceánico de montaña y clima tropical de montaña media y alta. Los suelos de textura mimosa, color chocolate oscuro, formas irregulares con



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

alta permeabilidad. La precipitación media anual de la cuenca es de 3 322 mm (Autoridad Nacional del Ambiente, 2014).

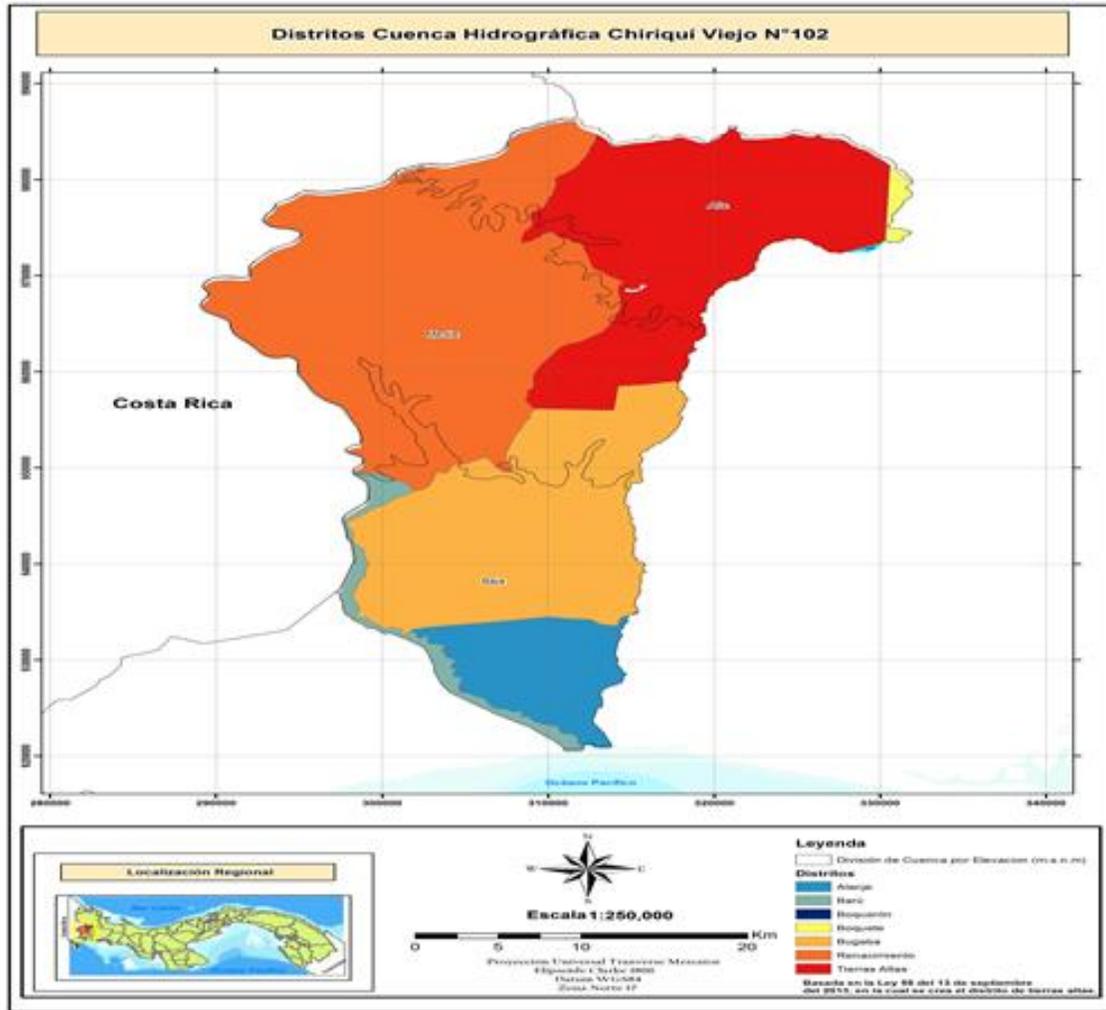


Figura 1. Distrito de Tierras Altas en la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo con base en datos recolectados en campo y procesados en Sistema de Información Geográfica (SIG), 2018.

Se realizó inspección en la zona de estudio donde se tomaron datos de campo a través de observaciones *in situ* sobre las fuentes de leche de ganado Jersey. También, se recopiló información sobre las características biogeográficas del área de estudio y se elaboró la cartografía del área de estudio a través de Sistema de Información Geográfica (SIG), cuyos datos fueron tomados en campo.



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 seleccionaron seis sitios de muestreos en el distrito de las Tierra Altas, en cada sitio se realizó un muestreo con una frecuencia cada 15 días por período de dos meses. En total se tomaron 24 muestras, las cuales fueron preservadas en envases esterilizados y en etanol absoluto en proporción de 4:9. Se aplicaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas a cada muestra, las cuales se realizaron en el laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá y laboratorio fisicoquímico y microbiológico, planta térmica de pasteurización, ultra pasteurización y esterilización de la Empresa Procesadora de lácteos Riba Smith. El análisis de datos se realizó con Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)-IBM SPSS Statistics 25.0, 2017.

Las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas realizadas fueron las siguientes:

- **Propiedades organolépticas:** Se realizó mediante las pruebas sensoriales (visual, gusto, olfato, tacto), referidas en el método de análisis organolépticas (Artica, 2014; Zamora, 2007).
- **Concentración de agua, sólidos totales, grasa, proteínas, lactosa, temperatura, pH, conductividad, punto de congelación, densidad:** Se utilizó un analizador ultrasónico multiparamétrico Ekomilk BOND STANDARD (certificado por Centro de Metrología de Bulgaria), el cual fue calibrado para análisis de leche de ganado vacuno. Se colocó en una celda cilíndrica esterilizada, 5 ml de leche pasteurizada al 100% de concentración (sin dilución). La muestra es succionada y se somete al paso de una onda de ultrasonido y un microprocesador emite los resultados paramétricos de las variables mencionadas. Se analizaron 24 muestras (Ekomilk, 2015). También se aplicó el método de cromatografía en las muestras de leche fluida al 100%, para la separación de los diferentes tipos de proteínas (Pássaro et al., 2016).
- **Caseínas:** Se analizaron las muestras de leche de 10 ml, a través de la prueba de caseína. Se incorporó 90 ml de agua destilada a cada muestra, se calentó a 41° C y se adicionó ácido acético diluido (1:9). Se realizó la decantación y se transfirió la caseína precipitada a un filtro. Se aplicó el método de Kjeldahl en sus tres etapas. En la digestión se utilizó el amonio (NH_4^+), ácido sulfúrico y un catalizador sulfato de cobre. En la destilación se empleó amoniaco (NH_3) e hidróxido de sodio (NaOH). En la valoración el



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

amonio se recogió en la destilación sobre ácido fuerte en exceso medido y se empleó una base álcali y el indicador rojo de metilo. Para la identificación de los tipos de caseínas se aplicó la prueba de cromatografía (Artica, 2014; Pássaro et al., 2016).

- **Lípidos (grasas):** El análisis de las grasas se realizó por método de Gerber y el método de cromatografía (colesterol, glicéridos, fosfolípidos y ácidos grasos). Las muestras de leche fluida de 15 ml fueron centrifugadas y tratadas en un butirometro de Gerber con alcohol amílico (densidad 0,81) y ácido sulfúrico concentrado, medidor automático de ácido sulfúrico y pipetas de seguridad (Artica, 2014; Pássaro et al., 2016).
- **Carbohidratos (lactosa) y ácido láctico:** El análisis de la lactosa se realizó mediante la prueba de Fehling. Se utilizaron muestras de leche fluida. Cada muestra de 10 ml se aforó hasta 100 ml con agua destilada. Se utilizó la solución de Fehling I y Fehling II, hidróxido de sodio (NaOH 0,25N), sulfato férrico anhidro, solución de ácido sulfúrico 4N, permanganato de potasio 0,1 N, sulfato ferroso o-fenantrolina (Juca y Pérez, 2010). Para el análisis del ácido láctico se empleó el método de Thorner (°Th) aplicado a las muestras de leche fluida al 100%. Cada muestra de 10 ml se trató con fenolftaleína al 2% y titulación con NaOH al 1/10 N; cada ml de NaOH gastado es un °Th (Artica, 2014).
- **Minerales:** Se aplicaron las pruebas Ca, magnesio y fósforo en muestras de leche fluida al 100%. Las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos para separar el suero de la leche y se conservó en tubos de reacción a 20° C. El método analítico aplicado al calcio fue con azul de metiltimol, al magnesio el método de calmagita (mmol/L), al fósforo el método de fosfomolibdato (Instrumentación Hanna FC 300B). Se utilizó un suero control de Laboratorios Randox, Irlanda del Norte, UK (Ceballos et al., 2004; López et al., 2017).
- **Vitaminas A, D, E, C, B₁, B₂, B₃, B₆, B₉, B₁₂:** Se aplicó el método de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC – Aligent Technologies) con inyector manual, sistema de bombeo, columna de cromatografía, detector de longitud de onda a 242, 250, 280 y 300 nm. La fase estacionaria se fijó con la muestra de leche fluida al 100% y la fase móvil con disolvente metanol y etanol al 95%. Los componentes separados pasan al detector



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 diferentes longitudes de onda, luego la señal llega a un registrador el cual emite un cromatograma en función del tiempo (Pássaro et al., 2016).

- **Enzimas:** La identificación de las enzimas proteasa, fosfatasa alcalina, lipasa, lactasa, catalasa, lactoperoxidasa, se realizaron, a través de los métodos de análisis de catalasa y lipasa por Fernández et al., 2010; proteasas por Solera et al., 2010; fosfatasa por Pacas, 2003; lactasa por Bello, 2009 y método de análisis de lactoperoxidasa por Castañeda et al., 2021.
- **Punto de ebullición:** Se realizó mediante la prueba de ebullición de la leche. Se tomaron porciones de 300 ml de muestras por separado y se sometieron al calor hasta su punto de ebullición, para conocer si la leche es estable al calor (Botina y Ortiz, 2013).
- **Calor específico:** La capacidad calorífica de la leche se obtuvo por prueba realizada en un calorímetro de soluciones de variación de temperatura, modelo 6755 Parr Instrument con precisión clase de 0,4% y rango de temperatura de 10° C a 50° C. Se utilizaron muestras de leche fluida al 100% de 10 ml y 20 ml de agua por muestra (Parr Instrument Company, 2019).
- **Índice de refracción:** Se realizó por prueba en refractómetro Abbe modelo PCE-DRB 10, con rango de refracción de 1,3000 y 1,7000 nD y valor Brix entre 0% y 100%. La prueba se aplicó a las muestras de leche fluida al 100% (PCE Instrument, 2017).
- **Gravedad específica:** Las muestras de leche fluida se analizaron, a través del hidrómetro ASTM 2H Rango: 9 a 21 API, Escala: 0,5 Marca: Chase Referencia: 40002H (López, J.M., 2013).
- **Viscosidad:** La viscosidad de la leche fluida se determinó por prueba en viscosímetro PCE-RVI 10 con rango de medición de 20 a 2.000.000 mPa·s, a precisión de $\pm 1,0$ % (PCE Instrument, 2019).
- **Acidez:** Se realizó la prueba de la acidez titulable con Hidróxido de Sodio 0.1 N y Fenolftaleína 1%. Se valoraron 100 ml de leche fluida al 100% (Artica, 2014).



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 y recuento de coliformes fecales:** Las bacterias coliformes se identificaron a través del método placas con agar rojo bilis cristal violeta, donde se fijó muestras de leche fluida al 100% y el recuento se realizó por método directo-microscopio (Acevedo et al., 2013).
- **Identificación y recuento de células somáticas:** Se realizó mediante el método de recuento celular electrónico (RCE), con un contador electrónico de partículas Coulter counter modelo ZB1 calibrado para partículas entre un diámetro entre 4,5 y 5 micrones (Kutcher, 1998).
- **Identificación de patógenos:** Se aplicó el método de Tinción de Gram, con el objetivo de identificar las bacterias gram (+) y gram (-) con base en la preparación de la extensión de cultivo, fijación, aplicación de violeta cristal, yodo gram, alcohol, acetona, safranina y microscopia (Heer, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades organolépticas

Corresponden a las particularidades naturales de la leche de ganado Jersey obtenidas de las pruebas como: color, sabor textura y aroma.

Con relación al color se identificó blanco opaco, sabor ligeramente dulce, aroma acentuado y textura líquida, pero más viscosa que el agua, coincide con las características reportadas por Vásquez, K (2018).

Análisis físico

Los valores promedios de interés obtenidos en las pruebas físicas aplicadas a la leche de ganado Jersey (Cuadro 1), corresponden al punto de congelación en $-0,49^{\circ}\text{C}$, punto de ebullición en 100°C y viscosidad en $1,22\ \mu\text{Pa.s.}$, ya que son variables determinantes para los procesos lácteos y se mantienen dentro de los rangos permisibles en $-0,53^{\circ}\text{C}$ a $0,45^{\circ}\text{C}$ para el punto de congelación, $0,15^{\circ}\text{C}$ a $100,17^{\circ}\text{C}$ para el punto de ebullición y el máximo permisible de $1,23\ \mu\text{Pa.s}$ para la viscosidad, reportados por Artica, 2014.



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. Características físicas de la leche de ganado Jersey.

Propiedades físicas	Promedio obtenido
Punto de congelación (°C)	-0,49
Punto de ebullición (°C)	100
Densidad (mg/l) a 20° C	1,032
Viscosidad (μPa.s) a 20° C	1,22
Calor específico (J.Kg) a 40° C	0,92
Índice de Refracción a 20° C	1,33
Conductividad Eléctrica Específica (mhos/25° C)	44 x 10 ⁻⁴

Fuente: Pruebas físicas, 2018.
Laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA).

Análisis químico

La leche de ganado Jersey está constituido por 86,39% de agua y 13,61% de sólidos totales, lo que indica que tiene un elevado contenido de agua en función de los sólidos totales.

Los sólidos totales analizados, refieren la composición promedio en 5,13% de carbohidratos (lactosa), 3,93% de lípidos (grasas), 3,60% proteínas y 0,96% minerales. Por lo tanto, los compuestos orgánicos con mayor presencia fueron la lactosa y las grasas, respectivamente; mientras que las proteínas y los minerales se encontraron en menor cantidad (Figura 2).

La distribución de estos componentes orgánicos se muestra homogénea y su concentración supone determinante en los procesos lácteos.

Análisis de proteínas

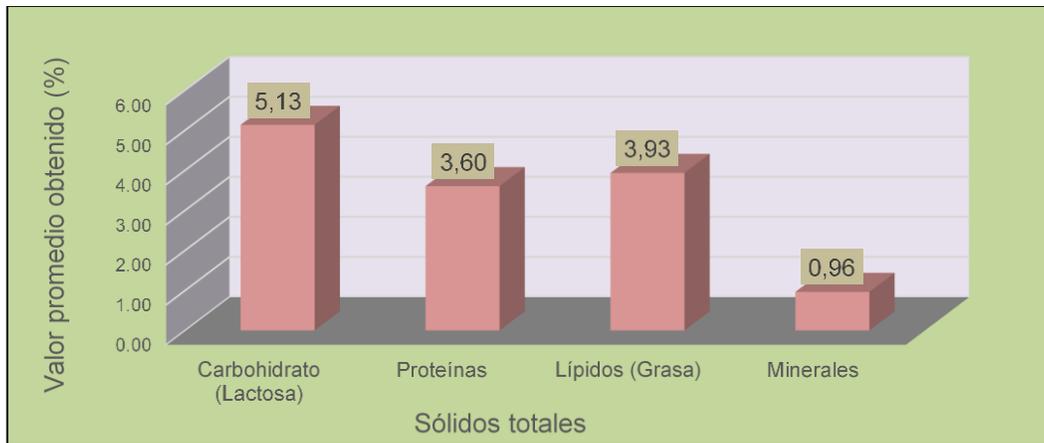
Las proteínas presentes en la leche de ganado Jersey, corresponden a dos grupos identificados que son: las proteínas séricas (proteínas disueltas en suero) y las proteínas en suspensión o caseínas, en forma de cuajo (Figura 3 y 4).

Las proteínas séricas fueron reconocidas en el suero de la leche y se encontró disueltas en proporción promedio de 0,36% β-lactoglobulina, 0,13% α-lactoalbúmina, 0,04% seroalbúmina. La proteína β-lactoglobulina es la más predominante en la serie del grupo sérico, mientras que la seroalbúmina es la más escasa (Figura 3).



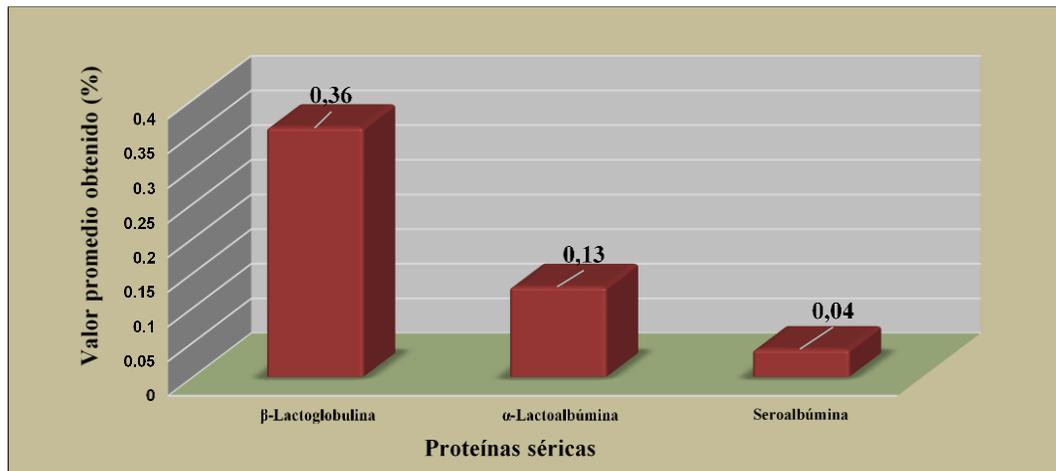
Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

En cuanto a las proteínas caseínas, se identificaron cuatro tipos: alfa, beta, kappa, gamma, en concentraciones promedios de 2,08; 0,50; 0,37 y 0,12%, respectivamente (Figura 4). La caseína alfa es la más abundante en la leche de ganado Jersey y en proporción minoritaria la caseína Ye. La diversidad de caseínas refiere el potencial nutricional de la leche para la elaboración de variedades de quesos en los procesos lácteos.



Fuente: Pruebas de Carbohidratos, proteínas, lípidos y minerales, 2018. Laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA).

Figura 2. Sólidos totales en la leche de ganado Jersey.

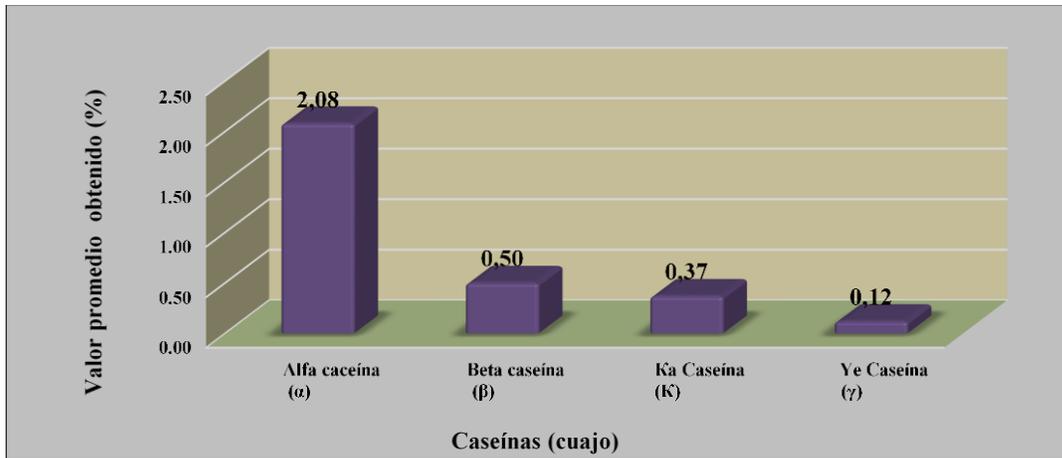


Fuente: Pruebas de proteínas séricas, 2018. Laboratorio de la empresa procesadora de lácteos Riba Smith.

Figura 3. Proteínas séricas (suero) en la leche de ganado Jersey.



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

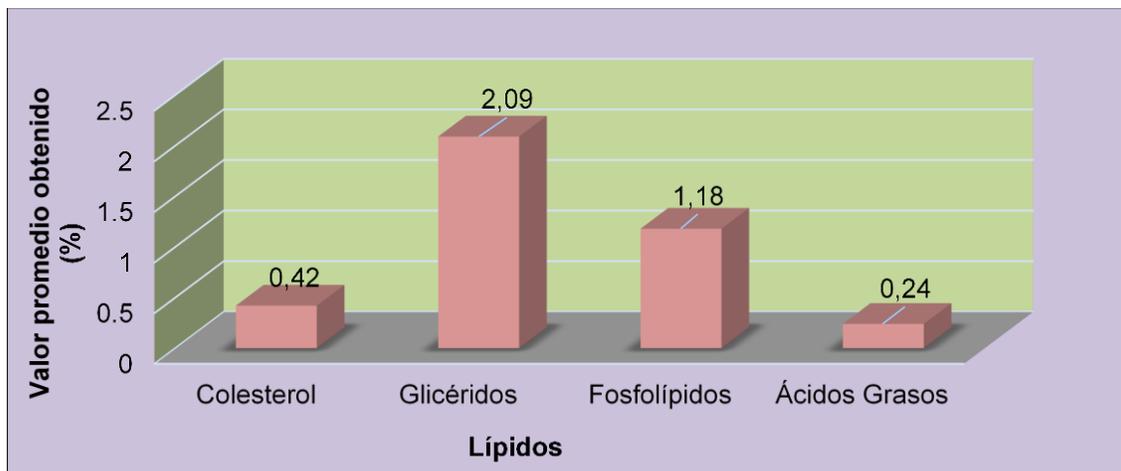


Fuente: Pruebas de proteínas caseínas, 2018.
Laboratorio de la empresa procesadora de lácteos Riba Smith.

Figura 4. Proteínas en suspensión (caseínas) en la leche de ganado Jersey.

Análisis de lípidos

Los glicéridos constituyen el componente preponderante en los cuerpos grasos, por lo que, se deduce que aporta la mayor cantidad de calorías en la leche de ganado Jersey, mientras que los ácidos grasos en comparación con los demás grupos, aportan la menor cantidad de calorías y refiere otra fuente de energía nutricional. Las pruebas de separación de las grasas indicaron que los ácidos grasos, están asociados con el aroma de la leche, por la presencia de olores característicos agradables e intensificados (Figura 5).



Fuente: Pruebas de colesterol, glicéridos, fosfolípidos, ácidos grasos, 2018.
Laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA).

Figura 5. Lípidos en la leche de ganado Jersey.

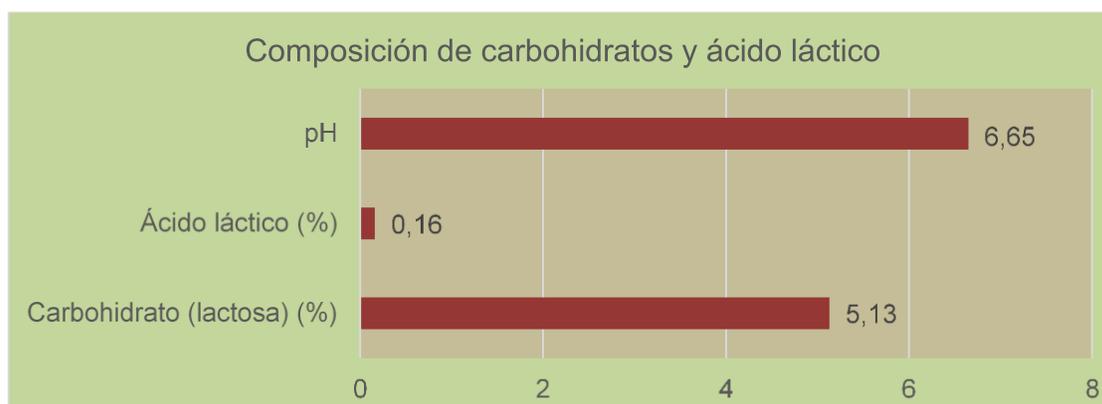


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Análisis de carbohidratos y ácido láctico

La lactosa fue identificada como azúcar neutro, determinante en el sabor relativamente dulce de la leche de ganado Jersey, según prueba sensorial y cuya concentración promedio obtenida (Figura 6), fue mayor que la descrita en 5,2% por Astiasarán y Martínez, 2003.

En cuanto al ácido láctico, la presencia de este componente en la leche es indicador de procesos de fermentación láctica, es decir, procesos de degradación de la lactosa, por lo tanto, revela la potencialidad de la leche de ganado Jersey para la elaboración de productos lácticos fermentados. El valor promedio obtenido del ácido láctico (Figura 6), indica la concentración superior al referido en 0,03%, según Astiasarán y Martínez, 2003. La concentración de ácido láctico refiere medios ácidos, por lo que, se deducen como inhibidores para el crecimiento de colonias bacterianas perjudiciales. El pH promedio obtenido de 6,6 en la leche, según comparación en la escala de pH de 6,6 a 7,3, es neutro y no indica deterioro por degradación bacteriana (fermentación láctica).



Fuente: Pruebas de lactosa y ácido láctico, 2018.
Laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA).

Figura 6. Carbohidratos, ácido láctico y pH en la leche de ganado Jersey.

Análisis de vitaminas

De acuerdo con el análisis de minerales en la leche, se identificaron 10 vitaminas, las cuales están presentes en cantidades muy pequeñas (Cuadro 2). La diversidad de vitaminas expresa la composición compleja de nutrientes en la leche y la posibilidad de uso en los procesos lácteos.



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 vitaminas D, B9, y C fueron las de mayor valor promedio con 59,13µg, 7,12 µg y 2,96 µg, respectivamente, por lo que, constituyen vitaminas predominantes. Se atribuye el gran valor vitamínico que posee la leche de ganado Jersey para la producción láctea y en los esquemas nutricionales.

Cuadro 2. Vitaminas de la leche entera de ganado Jersey.

Vitaminas	Valor promedio obtenido
Vitamina A (µg)	59,13
Vitamina D (µg)	0,09
Vitamina E (mg)	0,09
Vitamina C (mg)	2,98
Vitamina B1 (Tiamina) (mg)	0,09
Vitamina B2 (Riboflavina) (mg)	0,30
Vitamina B3 (Niacina) (mg)	0,99
Vitamina B6 (Piridoxina) (mg)	0,08
Vitamina B9 (Ácido Fólico) (µg)	7,12
Vitamina 12 (Cobalamina) (µg)	0,40

Fuente: Pruebas de vitaminas, 2018.
Laboratorio de la empresa procesadora de Lácteos Riba Smith.

Análisis de enzimas

Las enzimas identificadas en la leche de ganado Jersey fueron proteasa, lactasa y lactoperoxidasa, las cuales se determinaron en trazas muy pequeñas. El factor que evidencia la presencia de proteasa es la formación del cuajo en la leche, cuya catálisis se determinó a temperatura (° C)/tiempo que inactiva en valor promedio de 71° C/16 min. Refiere que a la temperatura indicada la velocidad de reacción de la proteasa sobre la caseína es relativamente corta para obtener la cuajada de la leche y posterior se inactiva. El comportamiento de la actividad enzimática de la proteasa constituye un potencial importante a considerar en el proceso lácteo de fabricación del queso (Cuadro 3).

En el caso de la lactasa, la actividad enzimática para degradar la lactosa se obtuvo en 54° C/10 min y el factor identificado fue el dulzor perceptible, lo que indica la influencia de la lactasa en el sabor de la leche.



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 3. Enzimas identificadas en la leche de ganado Jersey.

Enzimas identificadas	Sustrato degradado	Temperatura (°C)/Tiempo que inactiva (minutos) Valor promedio obtenido	Trazas obtenidas (presencia o ausencia)	Factor identificado antes de la inactivación	Indicador identificado
Proteasa	Caseína	71° C/16 min	Presente	Formación de cuajo	Proceso lácteo
Fosfatasa alcalina	Lípidos	63° C/21 min	Ausente	Termo labilidad (irresistencia térmica)	Control de pasteurización
Lipasa	Lípidos	64° C/9 min	Ausente	Rancidez imperceptible	Control de calidad (sabor)
Lactasa	Lactosa	54° C/10 min	Presente	Dulzor perceptible	Proceso lácteo
Catalasa	Caseína	71° C/31 min	Ausente	Inexistencia de Patógenos	Indicador de infección
Lactoperoxidasa	Lactosuero	76° C/20 min	Presente	Inhibidor de crecimiento de microorganismos	Control de grado de calentamiento

Fuente: Pruebas de enzimas, 2018. Laboratorio de la empresa procesadora de Lácteos Riba Smith.

La enzima lactoperoxidasa, indica que se inactiva a 76° C/20 min, lo que refiere mayor durabilidad de la actividad enzimática a alta temperatura, en comparación con las demás enzimas y el factor identificado fue el decrecimiento de microorganismos. Se deduce que ésta enzima actúa como un inhibidor de crecimiento de microorganismos.

La actividad enzimática de la Fosfatasa alcalina, resulta inactiva a 63° C/21 min y el factor identificado es la termolabilidad, por lo tanto, constituye un indicador de pasteurización.

Por el contrario, la lipasa se inactiva a 64° C/9 min y el factor identificado fue la rancidez imperceptible, el cual se asocia al olor desagradable y representa un indicador de control de la calidad.

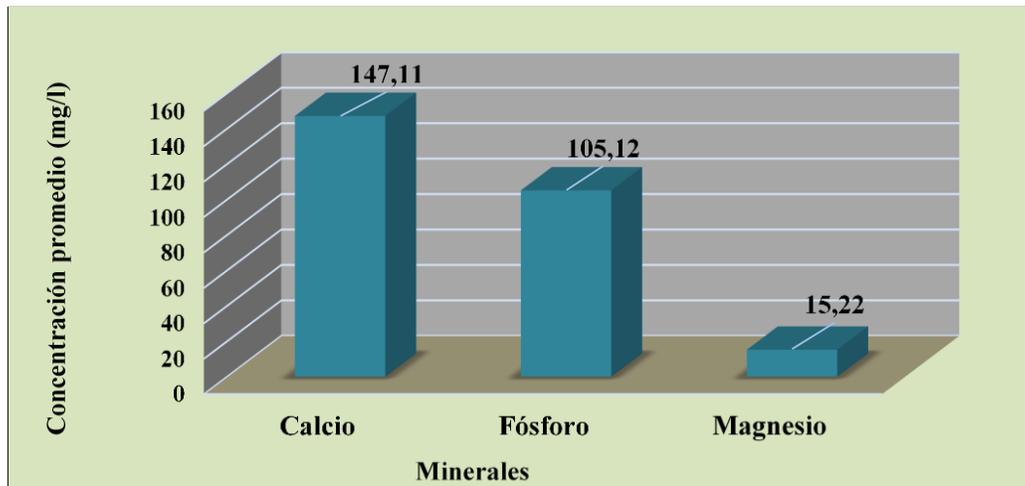
La enzima catalasa se inactiva aproximadamente a 71° C/31 min. En comparación con las demás enzimas estudiadas, la durabilidad de la actividad enzimática es mayor y el factor identificado es la inexistencia de patógenos, por lo que, se identifica como un indicador de infección.



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 minerales

El calcio es el mineral más abundante con valor promedio de 147,11 mg/l, lo que revela el potencial nutritivo que presenta la leche de ganado Jersey. En cantidades moderadas, el fósforo y relativamente pequeña, el magnesio (Figura 7). Se determinó que los valores promedios se encuentran en concentraciones superiores a los estándares de referencia: calcio fluctúa entre 15% y 18%, fósforo entre 10% y 12% y magnesio entre 11% y 13% (Ceballos et al., 2004).



Fuente: Pruebas de calcio, fósforo y magnesio, 2018. Laboratorio de la empresa procesadora de Lácteos Riba Smith.

Figura 7. Minerales en la leche de ganado Jersey.

Análisis microbiológico

El recuento total promedio de microorganismos en la leche de ganado Jersey, procedente del ordeño grado A, se identificó como un indicador de contaminación por heces, de acuerdo con la referencia anteriormente mencionada. El grado de contaminación por coliformes fecales se obtuvo en 800 UFC/ml (Cuadro 4) en leche cruda con niveles inferiores muy por debajo de los estándares (Botina y Ortíz, 2013). La leche presenta buena calidad higiénica, por lo que, el manejo durante el ordeño, limpieza de instalaciones, almacenamiento y transporte, constituyen factores influyentes. La aplicación de tratamiento térmico a posteriori (ultrapasteurización), originó valores nulos de coliformes fecales.

En cuanto al recuento total de células somáticas, se identificó como un indicador de infección, obtenidos en 1,000 UFC/ml, indican valores inferiores en comparación con los



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

reportados en los estándares por Botina y Ortíz (2013). Se deduce que el rebaño de ganado Jersey, en la zona geográfica estudiada, se mantienen sanos sin problemas de mastitis (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calidad microbiológica de la leche de ganado Jersey, grado A.

Microorganismos	Valor Promedio Obtenido *(UFC/ml)	Características de la Leche	Indicador identificado	Resultado Obtenido
Recuento de Células Somáticas	1,000	Leche entera grado A	Indicador de infección	Inferior a los niveles (ver referencia en introducción)
Recuento de Coliformes Fecales	800	Leche entera grado A	Indicador de contaminación por heces	Positivo
Recuento de Patógenos	Ausente	Leche entera grado A	Indicador de infección	Negativo

***UFC: Unidades Formadoras de Colonias (UFC)**

Fuente: Pruebas microbiológicas, 2018. Laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA).

En el análisis no se reportó microorganismos patógenos, lo que indica ausencia de unidades formadoras de colonias perjudiciales a la salud, es decir, microorganismos que generan enfermedades.

Se reconoce que las células somáticas y coliformes fecales presentes en la leche, caracterizan las condiciones de salubridad de la leche y los niveles de concentración de los microorganismos dependen de factores de manejo y procesos de pasteurización.

Análisis comparativo de la composición química de la leche

Se determinó en el análisis comparativo (Cuadro 5), que la composición química promedio obtenida en la leche de ganado Jersey, es más concentrada en los componentes de lactosa y proteínas que las de referencia dadas por De los Reyes et al. (2010) en las razas Guernsey, Suizo Pardo, Ayrshire y Holstein. El hallazgo indica que la leche de ganado Jersey contiene mejores propiedades químicas. Por el contrario, la concentración de grasa en la leche es menos concentrada que las de referencia en las razas mencionadas, además, se revela el potencial de la leche de ganado Jersey para la fabricación de productos lácteos bajo en grasa.



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 composición fisicoquímica de la leche de ganado vacuno, varía de acuerdo con las raza o especie, lo que sugiere la incidencia de factores fisiológicos, genéticos y ambientales. Según los resultados, la especie Jersey es la que aporta mejor composición nutricional.

Cuadro 5. Análisis comparativo de la composición química de la leche de ganado Jersey.

Composición Química de la Leche Cruda	Razas de Ganado Vacuno				
	Jersey	Guernsey	Suizo Pardo	Ayrshire	Holstein
	Valor Promedio Obtenido (%)	Referencia (%)	Referencia (%)	Referencia (%)	Referencia (%)
Lactosa	5,13	4,93	5,04	4,67	4,87
Proteína	3,60	3,58	3,57	3,53	3,32
Grasa	3,93	4,95	4,01	4,00	3,40
Minerales	0,96	S/R	S/R	S/R	S/R
Sólidos Totales	13,62	13,46	12,62	12,20	11,59

Nota: Sin Registro (S/R)

Fuente: Pruebas físico-químicas y microbiológicas. 2018. Laboratorio del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA). Referencia (%) De los Reyes et al. (2010).

CONCLUSIONES

- Las características organolépticas identificadas en la leche de ganado Jersey, califican la leche como producto de buena calidad. Además, se caracteriza por la variedad y composición química de compuestos orgánicos como las proteínas, lípidos y minerales, por lo que, representan la riqueza nutritiva del producto lácteo.
- Las proteínas presentes en la leche de ganado Jersey es diversa y corresponden a la variedad alfa caseína (α), beta caseína (β), kappa caseína (κ), gamma caseína (γ). Sus concentraciones son superiores a los establecidos en los estándares de referencia. Los glicéridos y fosfolípidos son los grupos lipídicos preponderantes en la leche, en función de su concentración, lo que confiere buena calidad; mientras que la baja concentración de colesterol es favorable.



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 lactosa se encuentra en mayor proporción porcentual en la leche de ganado Jersey, que las proteínas, grasas y vitaminas. Las diez vitaminas identificadas en concentraciones de trazas, revelan la diversidad de nutrientes.
- Las seis enzimas identificadas y su comportamiento evidencian la actividad enzimática con formación de cuajo, termolabilidad, dulzor, inhibidor e indicador de infección, importantes en los procesos lácteos.
- La leche de ganado Jersey contiene los principales minerales que son el calcio, fósforo y magnesio, en concentraciones superiores a los estándares de referencia, importantes en la calidad del producto y la salud humana. También, demostró el alto potencial que tiene el producto, para el aprovechamiento en la industria láctea y generación de nuevos productos lácteos, importantes en la seguridad alimentaria.

REFERENCIAS

- Acevedo, R. L., Severiche, S. y Castillo, M., (2013). *Biología y microbiología ambiental: Prácticas de laboratorio*. España. Editorial EUMED.NED. 94 p.
- Artica M., L. (2014). *Métodos para el análisis Físicoquímico de la leche y sus derivados*. (2 ed). Huncayo. Editorial Libros y Editores S.A. Huancayo, Perú, 173 p.
- Astiasarán, I., y Martínez, A. (2003). *Alimentos. composición y propiedades*. (2ª edición). Madrid, España. Editorial McGraw-Hill – Interamericana de España, S. A. 364 p.
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2014). *Plan de manejo de la cuenca hidrográfica del Río Chiriquí Viejo, No. 102*: con apoyo de: Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Panamá, República de Panamá. 305 p. <https://cuencas.miambiente.gob.pa/planes-de-manejo/>
- Bello, A. (2009). *Producción de enzimas en la industria láctea (lactasa y renina)*. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Escuela de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Nacional Abierta y A Distancia (UNAD). 150 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://es.scribd.com/document/344110813/Produccion-de-Enzimas-de-La-Industria-Lactea>

Botina, E., y Ortíz, D. (2013). *Evaluación de la calidad fisicoquímica, composicional y microbiológica de la leche cruda comercializada en el Corregimiento de Catambuco*. [Tesis de Pregrado] Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Colombia. 117 p. <https://sired.udenar.edu.co>

Castañeda, M. D., Santamaría, D., Ávila. D. M., Bautista, A., Espinosa, A., Laguna, L., Munguía, R., y García, E. (2021). Detección cualitativa alterna de lactoperoxidasa en leche. *Revista RD ICUAP*, 7(21), 63-77. <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/573>

Ceballos, A., Villa, N., Bethancourt, T., y Roncancio, D. (2004). Determinación de la concentración de calcio, fósforo y magnesio en el periparto de vacas lecheras en Manizales. Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17 p. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323932>

Del Cid, E. (2006). *Industrias lácteas*. www.senasa.gov.ar.

De los Reyes, G., Molina, B., y Coca, R. (2010). *Calidad de la leche cruda: Primer foro sobre ganadería lechera de la zona Alta de Veracruz*. Sistemas Pecuarios del Estado de Veracruz. Memorias. México. 10 p. https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELAL ECHECRUDA.pdf

Ekomilk Horizon LTD. (2015). *Operating instructions*. Milk Analyzer Milkana Kam98-2^a. Bultech 200 Ltd. Stara Zagora Bulgaria. 26 p. <https://ekomilkhorizon.com/?url=https://ekomilkhorizon.com/&id=P0067&qclid=EAlal QobChMI aKr4sT5-wlVSolaBR146AS1EAAAYAiAAEgKjEPD BwE>



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

Heer, G. (2007). *Microbiología de la leche: Cátedra de tecnología de la leche*. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNI. 19 p.

<https://docplayer.es/4014054-Facultad-de-ciencias-veterinarias-uni-catedra-de-tecnologia-de-la-leche-microbiologia-de-la-leche-ano-2007-dr-geronimo-e-heer.html>

Juca, D., y Pérez, P. (2010). *Métodos para determinar la lactosa en la leche*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Ecuador. 146 p.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2427/1/tq1068.pdf>

Kutcher, C. R. (1998). *Determinación de células somáticas en calostro Post-Parto de vacas de lechería mediante dos métodos de recuento* [Tesis de pregrado]. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. 32p.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/1998/fvk.97d/doc/fvk.97d.pdf>

López, H., Oropeza, I., y Betancourt, C. (2017). Determinación de la concentración de calcio, magnesio y potasio en leche líquida de tres marcas comerciales, empleando la técnica de espectroscopia atómica. *Revista de Investigación*, 41(90), 120-133.

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142017000100009

López, J. M. (2013). *Medición de densidad de líquidos mediante hidrómetros y procesamientos de imágenes digitales*. Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato, México. 587-592 p.

Luquez, L. (2001). *Biología Láctea. Industrias y Servicios*. (sin referencia editorial).

Pássaro, C., Rivera, C., Román, M., Cardona, L., Muñoz, L., Gómez, D., Quiceno, J., y Rojas, L. (2016). *Guía sobre principios básicos de cromatografía y sus aplicaciones*. Tecnoparque Nodo Río Negro, Antioquía. Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



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

Parr Instrument Company. (2019). *Calorimeter operating instructions*. <https://www.parrinst.com/es/products/oxygen-bomb-calorimeters/6755-solution-calorimeter/>

PCE Instrument. (2017). *Refractometer operating instructions*. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/refractometro-kat_70145.htm

PCE Instrument. (2019). *Viscometer operating instructions*. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/viscosimetro-kat_151249.htm

Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). (2017). IBM SPSS Statistics. Versión 25.0 <https://www.statisticssolutions.com/spss-statisticalpackageforsocialsciences/>

Vásquez, K. (2018). *Caracterización fisicoquímica y organoléptica de leche entera ultrapasteurizada (UHT) procesadas en las empresas lácteas establecidas en Nicaragua*. Laboratorio de Fisicoquímica de Lácteos Centroamericanos [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Departamento de Química. Managua, Nicaragua. 120 p.

Zamora, E. (2007). *Evaluación objetiva de la calidad Sensorial de alimentos procesados*. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba. Editorial Universitaria. 270 p.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las Fincas del distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, por proporcionar el hato de ganado Jersey para la toma de muestras de leche. Igualmente, a los colaboradores del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA) y Universidad Tecnológica de Panamá, por facilitar los laboratorios para la realización de las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. También, un agradecimiento al laboratorio fisicoquímico y microbiológico, planta térmica de pasteurización, ultrapasteurización y esterilización de la Empresa Procesadora de lácteos Riba Smith, provincia de Panamá, por su apoyo en el proyecto.



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

EFFECTO DE DOS TRATAMIENTOS HORMONALES SOBRE LA ACTIVIDAD OVÁRICA POST PARTO EN VACAS LECHERAS¹

Raúl H. De León-García²; Roderick A. González M³; Jonathan G. Chavarría⁴

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de dos tratamientos hormonales sobre la actividad ovárica en vacas con anestro post parto, se realizó una investigación en la finca lechera Ganadera La Soledad, ubicada en Bella Vista, distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí. Se seleccionaron 20 vacas multíparas con periodos abiertos entre 45 y 60 días, peso vivo promedio de 460 kg y edad promedio de cinco años y de dos a tres lactaciones. Las hembras seleccionadas fueron divididas al azar en dos grupos: al primer grupo se le aplicó 400 UI de Gonadotrofina coriónica equina (eCG) (T₁) y al segundo 10 mcg acetato de buserelina (hormona sintética GnRH) (T₂). Las variables: tamaño del cuerpo lúteo y tamaño de los folículos antrales, se analizaron a través de un diseño completamente al azar (DCA), mientras que las variables respuesta al tratamiento y tasa de preñez, se analizaron mediante una prueba de chi cuadrado. El análisis indicó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, la variable tratamiento (condición corporal), resulto ser significativa (P<0,01), mostrando que la respuesta a los tratamientos hormonales está influenciada por la condición corporal de la vaca. En cuanto a la respuesta tratamiento y número de partos, la misma tuvo una tendencia a la significancia (P<0,08), sin embargo, el T1 presento mayor tasa de preñez a la primera inseminación. En lo que se refiere al tamaño de los folículos antrales (FA), no se observaron diferencias significativas ni antes ni después de aplicado los tratamientos, como tampoco se encontró diferencias significativas para la variable tamaño del cuerpo lúteo (CL). Para la variable tasa de gestación al primer servicio, la diferencia entre tratamientos fue significativa (P<0,05), observando una tasa de gestación combinada de 76,9% (vacas que respondieron al tratamiento y vacas que no) en el T1. La tasa de gestación y tratamiento resultó significativa (P<0,02), lo que refleja la efectividad de la aplicación de los tratamientos sobre la gestación al primer servicio. Estos resultados permiten concluir que los tratamientos con eCG resultan efectivos en reanudar la actividad ovárica en vacas post parto, siempre que la condición corporal sea la adecuada.

Palabras claves: eCG, GnRH, folículos, cuerpo lúteo, condición corporal, preñez.

¹Recepción: 23 de junio de 2021. Aceptación: 8 de julio de 2022. Trabajo para optar por el Título de Ing. Agr. con orientación en Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. Financiado por el Proyecto Mejoramiento de la Competitividad y Sostenibilidad de los Sistemas Intensivos (especializados) y Semi intensivos (doble propósito) de Producción de Leche en la Región Occidental de Panamá, IDIAP.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Ingeniero Agrónomo Zootecnista. e-mail: raul.deleon@idiap.gob.pa <https://orcid.org/0000-0001-6223-5380>

³IDIAP. Estación Experimental de Gualaca. M.Sc. en Producción Animal.

⁴Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Estudiante.



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

EFFECT OF TWO HORMONAL TREATMENTS ON OVARIAN ACTIVITY POSTPARTUM OF DAIRY COWS

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of two hormonal treatments on ovarian activity in postpartum cows with anestrus, this work was carried out at the La Soledad Cattle Dairy Farm, located in Bella Vista, Gualaca district, Chiriquí Province. Twenty multiparous cows between 45 and 60 days open, average live weight of 460 kg and average age of five years were selected. Cows were randomly separated into two groups: the first group received 400 IU of equine chorionic gonadotrophin (eCG) (T1) and the second received 10 mcg buserelin acetate (synthetic hormone GnRH) (T2). Data were analyzed through a completely random design (DCA). Thenon-parametric variables were analyzed using a chi-square test. The statistical analysis indicated that there were no significant differences between treatments, however, the interaction response and body condition were significant ($P<0,01$), indicating that the response to hormonal treatments was influenced by the body condition of the cow. The interaction response and number of births tended to be significant ($P<0,08$). Regarding the size of the antral follicles (AF), no significant differences were observed, either before or after the treatments were applied, nor were significant differences observed for size of the corpus luteum (CL). Treatment differences were significant ($P<0,05$) for the variable gestation rate at first service, with a combined gestation rate of 76,9% (cows that responded to treatment and cows that did not) in T1. The gestation rate and response to treatment were significant ($P<0,02$), which reflects the effectiveness of treatment on gestation to first service. These results allow us to conclude that under adequate body condition eCG treatments are more effective in resuming ovarian activity in cows postpartum is correct.

Key words: eCG, GnRH, follicles, corpus luteum, body condition, pregnancy.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva es un requisito indispensable para el éxito de toda explotación ganadera. Una mala eficiencia se traduce en pérdidas directas en la producción de leche, terneros nacidos e indirectamente, en la producción de carne/ha/año. Es por ello que, en la mayoría de los sistemas de producción, tanto de ganado de carne, como en los dedicados a la producción de leche o de doble propósito, la reproducción juega un papel importante, por lo que los ganaderos buscan obtener el mayor número de cría por año, con los mejores pesos al destete, menor número de abortos y de vacas vacías, es decir, una mayor eficiencia reproductiva.



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

Reducir el intervalo entre partos permite incrementar los ingresos por vaca/año, justificando la aplicación de técnicas de manejo reproductivo que reduzcan el anestro posparto y prevengan la prolongación del mismo. De acuerdo a Morales y Cavestany (2012), la inducción del celo en animales en anestro tiene como fin corregir esa situación, mejorando la capacidad fisiológica de las hembras para cumplir con el objetivo de tener una cría por año.

Una de las principales limitaciones para el uso de la Inseminación Artificial (IA) son las fallas en la detección de celos y el anestro posparto. Generalmente en los programas de inseminación artificial cerca del 60% de las vacas que no retornan al servicio, después de una primera inseminación, se debe a estros no observados (Chebel et al., 2003), mientras, el 40% restante es debido a mortalidad embrionaria o fetal (Santos et al., 2004) y al anestro posterior al servicio (Soto-Belloso et al., 1998, Brito et al., 2001).

Por otro lado, la eficiencia de la técnica en zonas tropicales se ve afectada, entre otros factores, por el anestro. En las vacas anéstricas existen cambios significativos en los patrones de crecimiento y desarrollo del folículo ovárico (Wiltbank et al., 2002) y aunque son capaces de responder a la manipulación hormonal (McDougall y Loeffler, 2004) y se puede inducir la ovulación, generalmente los folículos y el cuerpo lúteo formado son pequeños, provocando la ocurrencia de ciclos cortos, fase luteales largas (Cavaliere et al., 2003) y anestro posterior al servicio (Rhodes et al., 2003), lo que ocasiona una baja tasa de concepción. Ante esta situación, menos de la mitad de las vacas inseminadas después de la primera inseminación conciben y si a esto se asocia una baja eficiencia en la detección del estro, se aumenta el número de aquellas que permanecen vacías por un término no menor de 42 días ocasionando grandes pérdidas económicas (Chenault et al., 2003).

De acuerdo a Bó et al. (2009), la situación económica mundial requiere de la implementación de prácticas de manejo eficaces para mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción de leche, y aunque los sistemas de manejo de los hatos lecheros comerciales difieren en distintas partes del mundo, el objetivo reproductivo principal es preñar las vacas lo más rápido posible después del parto (Lucy et al., 2004). Sin embargo, el desempeño reproductivo ha disminuido progresivamente, debido principalmente a la



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

disminución de la fertilidad de las vacas (Lucy et al., 2001; Wiltbank et al., 2006) y a la detección ineficiente de los celos en la mayoría de los sistemas de manejo (Lucy et al., 2004; Wiltbank et al., 2006).

En el manejo lechero, se considera que el concepto de la tasa de preñez cada 21 días es un índice confiable del desempeño reproductivo general, ya que indica la cantidad de vacas preñadas en cada periodo de 21 días, lo que permite cambios y mejoras rápidas (Leblanc, 2005).

La implementación de la IA se ha llevado a cabo gracias al control farmacológico del ciclo estral, lo que permite sincronizar el celo y la ovulación en animales cíclicos e inducir actividad sexual en animales en anestro, permitiendo realizar el servicio en un periodo corto (Callejas, 2005).

Dentro de las causas más importantes que dificultan el uso masivo de esta tecnología podemos citar el costo de los tratamientos. Sin embargo, los mayores problemas identificados son los relacionados con el manejo y la ineficiencia, por parte del personal encargado, en la detección de celo de los animales. Esto ocurre especialmente en los hatos medianos y grandes (Bó et al., 2002).

El conocimiento de las hormonas que intervienen en la reproducción, ha permitido controlar la actividad reproductiva y modificar los ciclos estrales para que todas las hembras presenten celo en un periodo breve. Este ha sido el objetivo de una gran línea de trabajos durante muchos años, lo que llevo al diseño de protocolos que permiten realizar la inseminación artificial (IA) sin detección de celos, con lo cual se elimina uno de los factores que afectan significativamente los resultados logrados en estos programas. Estos tratamientos se conocen con el nombre de protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) (Cutaia et al., 2003).

La gonadotropina coriónica equina (eCG), es una hormona producida por las copas endometriales de la yegua preñada y presenta actividad FSH/LH y los resultados obtenidos con la inclusión de la misma en los tratamientos de control del ciclo estral en bovinos han sido variables (Baruselli et al., 2013) y su uso se recomienda en vacas con cría al pie con



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

pobre condición corporal (CC), ya que en animales con buena condición corporal y ciclando, su uso no muestra resultados que justifiquen su utilización (Baruselli et al., 2003).

La gonadorelina o GnRH (Hormona Liberadora de Gonadotropinas) es producida por el hipotálamo ubicado en la base del cerebro; ésta envía una señal a la glándula pituitaria para que libere Gonadotropinas. La Hormona Folículo Estimulante produce el desarrollo del folículo y la Hormona Luteinizante hace que inicie el proceso de ovulación (Vélez et al., 2006).

La GnRH se utiliza para aumentar la tasa de concepción después de la inseminación y para el tratamiento de quistes ováricos foliculares. Estudios previos con la aplicación de GnRH a los 12 días post-inseminación artificial han demostrado que se puede reducir el número de servicios por concepción mejorando así el porcentaje de preñez (Iglesias, 2002). Moscoso (2001), comprobó que la aplicación de GnRH al momento de la detección de celo resultó en una mayor tasa de concepción que el control y de igual manera el porcentaje de concepción fue mayor al momento de la inseminación que el control.

Los protocolos que sincronizan el crecimiento folicular y la ovulación y optimizan la regresión del cuerpo lúteo permitiendo la IA a tiempo fijo (IATF), resultan en un mejor desempeño reproductivo del hato, ya que todos los animales son inseminados sin la necesidad de detectar celos y como resultado, el uso de programas de IATF se ha convertido en una parte integral del manejo reproductivo. Si con este trabajo logramos identificar un protocolo que nos permita lograr altas tasas de gestación y que el mismo sea económicamente factible, lograremos que muchos productores incorporen esta herramienta en sus hatos ganaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se desarrolló en las instalaciones de la finca Ganadera Soledad, propiedad del Señor Abdiel Guerra. Esta finca se ubica en la localidad de Bella Vista, en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí, a 10 minutos del poblado de Gualaca por la carretera Transístmica (Chiriquí-Bocas del Toro), a una altitud de 580 msnm, temperatura promedio de 22° C y precipitación anual superior a los 3000 mm. La finca tiene 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/).

superficie de 400 hectáreas, dividida en cuatro globos de terreno donde se desarrollan las actividades ganaderas.

Animales experimentales, manejo y alimentación

Se utilizaron 29 vacas cruzadas Cebú (CXPS) con diferentes grados de encaste, peso vivo de \pm 460 kg, edad promedio de cinco años y periodos post-parto entre 45 y 60 días. Estas hembras pastoreaban en praderas de pasto mejorado y recibían una suplementación en la galera, que consistía en una ración a base de granos (18% de proteína cruda; 0,70% de calcio; 0,60% de fosforo) de proteína cruda, ensilaje de pasto de corte, pacas y una mezcla de melaza + citropulpa + soya. Una vez seleccionadas las hembras, las mismas fueron distribuidas completamente al azar en dos grupos a los que se les aplicarían los tratamientos a evaluar.

Tratamientos

Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron los siguientes:

T₁: 400 UI de Gonadotrofina coriónica equina (eCG) (Folligon®, Intervet, Francia).

T₂: 10 Mcg acetato de buserelina. (hormona sintética GnRH), (Sincroforte®, Ouro Fino, Brasil).

Metodología

Además de la condición corporal, como criterio de selección, se consideró el estado reproductivo de la hembra. Para ello se realizó el diagnóstico reproductivo, utilizando un ecógrafo MINDRAY DP50 con un transductor convexo de 6,5Mhz con el propósito de determinar tamaño de ovarios y si los mismos presentaban o no folículos.

Una vez examinadas las vacas, aquellas que no presentaron ninguna anomalía, fueron seleccionadas y se les midió el diámetro de los folículos y el tamaño del cuerpo lúteo existentes al momento del diagnóstico. Realizada la evaluación, se aplicó el tratamiento y 15 días después de la aplicación se procedió a realizar un segundo diagnóstico por ultrasonografía para determinar la respuesta de las vacas a los tratamientos aplicados.



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 DE RESPUESTA

Se consideraron las siguientes:

- * Respuesta de las vacas a los tratamientos (gestante o no).
- * Efecto de la condición corporal sobre la respuesta al tratamiento hormonal.
- * Tamaño inicial y final de los folículos.
- * Tamaño inicial y final del cuerpo lúteo inicial.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos paramétricos del estudio se analizaron a través de un diseño completamente al azar (DCA) el cual se representa con el siguiente modelo matemático (Steel y Torrie, 1980):

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j(\tau_i) + \delta_k$$

Donde:

Y_{ijk} = k-ésimo observación de la i-ésimo hormona experimental, de la i-ésimo hembra.

μ = media general.

τ_i = efecto de la i-ésimo hormona.

$\alpha_j(\tau_i)$ efecto del tipo de hormona en la hembra.

δ_k = error experimental.

Para los datos no paramétricos (respuesta al tratamiento y estado de gestación) se realizó una prueba de chi cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta de las vacas a los tratamientos

El análisis indica que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. Resultados similares reporta López (2007) quien en un estudio similar utilizó un análogo de progesterona, en forma de implante subcutáneo de silicona y acetato de buserelina, un análogo de GnRH.

Cuando se analizó la respuesta por tratamiento se pudo observar que el 57,14% de las vacas del T₁ (PMSG) respondieron, mientras que en el T₂ (GnRH) el 46,67% respondieron positivamente al tratamiento (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/).

Cuadro 1. Frecuencia de respuesta por tratamiento.

Res pue sta	Tratamientos		TOTAL
	1	2	
NO	6	8	14
	42,86	53,33	48,27
SI	8	7	15
	57,14	46,67	51,73
TOTALES	14	15	29
	100,0	100,0	100,00

Para la variable tratamiento*condición corporal, se encontraron diferencias altamente significativas, lo que indica que la condición corporal de la vaca, tiene mucha influencia sobre la respuesta al tratamiento.

Tamaño de los folículos

De acuerdo al análisis, no se encontraron diferencias significativas para el tamaño de los folículos antrales observados, ni antes ni después de aplicados los tratamientos (Figura 1).

El promedio para el tamaño inicial de los folículos antrales del ovario derecho (FAOD) de las vacas que recibieron el T₁ fue de 7,56 mm (\pm 3,93) y del ovario izquierdo (FAOI) 5,26 mm (\pm 3,34), mientras que en las vacas que recibieron el T₂ el tamaño promedio de FAOD fue de 5,74 mm (\pm 3,40) y el de los FAOI fue de 4,94 mm (\pm 3,76).

El tamaño promedio de los FA en las vacas que respondieron al T₁ fue de 6,96 mm (\pm 2,03) observándose folículos de mayor tamaño en el ovario izquierdo (9,46 mm \pm 2,70). En cuanto al tamaño promedio de los FA en el T₂ el mismo fue de 6,52 mm (\pm 0,09) siendo los folículos del ovario derecho los de mayor tamaño (7,17 mm \pm 4,27) (Cuadro 2).

El tamaño de folículos encontrados en este trabajo, son menores a los reportados por Ayala et al. (2017) quienes encontraron tamaños de folículos pre-ovulatorios, en vacas Criollas, Holstein y Pardo Suizo de 14,6 \pm 0,41 mm; 12,7 \pm 0,47 mm y 12,7 \pm 0,65 mm, respectivamente, como también a los reportados por Monroy (2017) que encontró tamaños de folículos promedio de 17,85 \pm 2,39 señalando, además, que vacas con mayor tamaño en los folículos, tienen más probabilidad de quedar gestantes (IC 95%). Ahora bien, el tamaño de los folículos podría estar asociado a la ración que consumían los en estudio, ya que como señalan Maurasse et al. (1985), las dietas altas en energía ejercen un efecto



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

negativo sobre la población folicular del ovario, favoreciendo el crecimiento de folículos de tamaño pequeño, inhibiendo el desarrollo de los folículos grandes e incrementando los procesos de atresia folicular, por otro lado, Henderson et al. (1982) relacionan el contenido de gonadotropinas y la concentración de esteroides en el líquido folicular, con el tamaño de los folículos antrales aspecto que habría que profundizar en otro estudio.

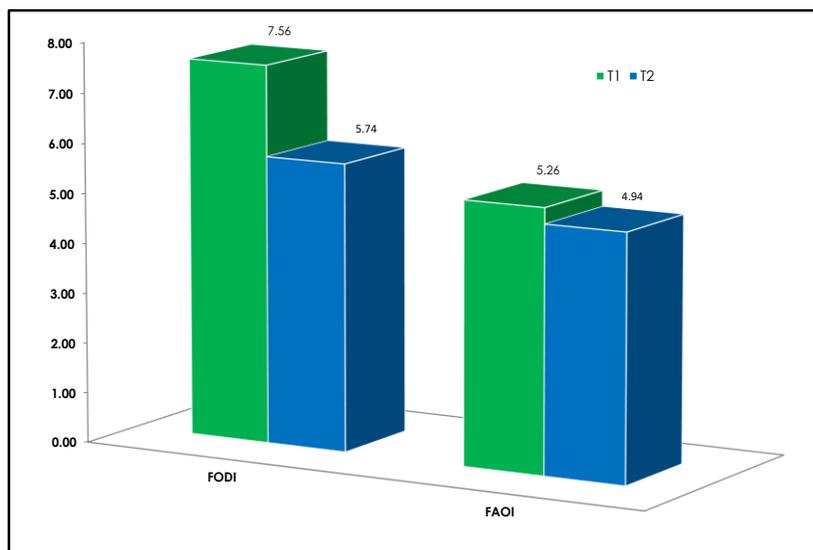


Figura 1. Tamaño inicial promedio de los folículos antrales (FA) por ovario.

Cuadro 2. Tamaño de los folículos antrales (FA) de acuerdo a la respuesta por tratamiento.

FOLICULO	RESPUESTA (tamaño mm)			
	T ₁		T ₂	
	SI	NO	SI	NO
FAOD	4,47	9,98	7,17	8,13
FAOI	9,46	5,26	5,87	6,99

FAOD: folículo antral ovario derecho; FAOI: folículo antral ovario izquierdo.

También se debe tener en cuenta que, el tamaño de los folículos va a depender del número de ondas foliculares que presente la vaca, según Ginther et al. (1989) y Figueiredo et al. (1997), además señalan que en hembras taurinas con dos ondas de crecimiento folicular el diámetro del folículo dominante fue de 17,1 y 16,5 mm para la primera y segunda onda; mientras que en vacas cebuínas, los diámetros fueron de 11,3 y 12,1 mm, respectivamente.



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

Ahora bien, entre el día 1 y 3 después del estro emerge una onda de folículos que varía de 10 a 50 con un tamaño de 2 a 3 mm (Bó et al., 1994), parte de los cuales, entre 2 y 5 siguen creciendo, hasta 4 y 6 mm (Ginther et al., 1996). A partir de la transición de FSH a LH, ocurre la divergencia del folículo dominante (8,5 mm en taurinos y 6,2 mm en cebuínos) generando la regresión de los folículos menores, sin embargo, este folículo inicia su atresia luego de la fase estática (Baruselli et al., 2007), lo que provoca una nueva onda folicular con folículos pequeños.

Tamaño del cuerpo lúteo

Esta variable no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tamaño del cuerpo lúteo (CL) de acuerdo a la respuesta por tratamiento.

CUERPO LÚTEO	RESPUESTA (tamaño mm)			
	T ₁		T ₂	
	SI	NO	SI	NO
CLOD	8,11	4,94	12,85	.
CLOI	8,84	2,21	15,93	.

CLOD: cuerpo lúteo ovario derecho; CLOI: cuerpo lúteo ovario izquierdo.

Para el tratamiento T₁ el tamaño promedio del cuerpo lúteo (CL) fue de 8,47 mm (\pm 0,51) observando CL de mayor tamaño en el ovario izquierdo. Igual comportamiento tuvo el T₂ en donde el ovario izquierdo presento mayor tamaño en el cuerpo lúteo post tratamiento, es importante señalar que en este tratamiento no se observaron cuerpos lúteos en las vacas que no respondieron al tratamiento.

El tamaño reportado para el CL en este trabajo, es menor a los encontrados por Ayala et al. (2017) quienes encontraron que para el día 6, el CL presentó un tamaño de $17,5 \pm 0,62$ mm; Echterkamp et al. (2009), que determinaron un diámetro de CL en el día 7 de $19,6 \pm 0,7$ mm en novillas y Perea et al. (1998) que en novillas cruzadas (Holstein y Pardo Suizo con Brahmán), fijaron un diámetro máximo de CL en el día 4 de $11 \pm 0,2$ mm y para el día 0 un valor de $19 \pm 0,3$ mm.

Trabajos realizados por Justiniano, (2000), en los cuales se determinó la importancia que tiene el tamaño del CL sobre la tasa de preñez, se obtuvieron los



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

siguientes resultados: CL de 17 mm de 27,7% de preñez; de 14 mm de 36% y menos de 10 mm 7,1%, lo que indica que, las vacas del T₁ tendrían poca probabilidad de quedar gestantes, además, el tamaño del cuerpo lúteo, así como la secreción de progesterona, son factores relacionados al establecimiento y mantenimiento de la preñez, afectando el porcentaje de preñez (Vasconcelos et al., 2001; Lequarre et al., 2005; Nogueira et al., 2004).

Efecto de los tratamientos sobre la tasa de gestación en las vacas tratadas

Tasa de gestación al primer servicio

Para esta variable no hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados ($P < 0,05$) encontrando una mayor tasa de gestación a la primera inseminación en el T₁ (76,9%) en donde, incluso, vacas que no respondieron al tratamiento, quedaron gestantes al primer servicio de inseminación (Cuadro 4).

De las 13 vacas que respondieron a los dos tratamientos, 10 quedaron gestantes a la primera inseminación; siete del T₁ y tres del T₂, adicional, tres vacas del T₁ que no respondieron al tratamiento, presentaron celo, fueron inseminadas y se diagnosticaron gestantes.

La tasa de preñez combinada (vacas que respondieron y no respondieron al tratamiento) para el T₁ fue de 76,9%. Para las vacas que respondieron al tratamiento fue de 53,8% (Cuadro 4), superiores a lo reportado por Rodríguez (2016), quien encontró tasas de preñez de 46,7% utilizando un análogo de eCG. Igualmente, tasas superiores de preñez han logrado Bó et al. (2005) cuando incluyen un análogo de eCG en los tratamientos de sincronización para IATF.

Estos resultados coinciden con Vallejo et al. (2017) quien obtuvo el mayor porcentaje de preñez cuando aplicó un tratamiento de sincronización de la ovulación con eCG sin restricción del amamantamiento. Igualmente, Núñez y Domínguez (2014) encontraron resultados similares relacionados con la efectividad de la eCG en vacas en anestro. Ganchou, Soto y Ramírez (2003) evaluaron el uso de eCG en vacas mestizas tropicales en anestro posparto, y encontraron una tasa de ovulación superior del 79%, y una diferencia en la tasa de preñez del 18,3% cuando se utilizaba eCG.



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 la tasa de preñez para el T₂ estos valores son inferiores a los encontrados por López (2007) quien utilizando un análogo de GnRH logro tasas de gestación de 40,1%. También, indica que las tasas de gestación obtenidas con GnRH son inferiores a las que se obtienen cuando se utilizan progestágenos.

Cuadro 4. Cantidad de vacas gestantes y condición corporal a la primera inseminación por tratamiento.

TRAT	CANT.	CC	PORCENTAJE
1	10	3,5	76,9
2	3	3,2	23,1
	13		100

CC: condición corporal; TRAT: tratamiento; CANT: cantidad de vacas gestantes.

Estado de gestación por respuesta al tratamiento

El análisis indicó diferencias significativas ($P < 0,02$) para la variable estado de gestación, lo que indica la efectividad del tratamiento sobre la tasa de gestación coincidiendo nuestros resultados con Bó et al. (2005); Vallejo et al. (2017) y López (2007). En lo referente a la presentación del celo post tratamiento (Cuadro 5), para los dos tratamientos, no fue mayor a cuatro días, lo que comprueba la eficacia de los tratamientos en el re-inicio de la actividad ovárica post parto (Cuadro 6).

Cuadro 5. Análisis para estado de gestación por tratamiento.

Estadístico	DF	Valor	Probabilidad
chi cuadrado	1	5,3499	0,0207*
Ratio chi cuadrado de la verosimilitud	1	5,5709	0,0183
Adj. chi cuadrado de continuidad	1	3,9305	0,0474
chi-cuadrado Mantel-Haenszel	1	5,2283	0,0222
Coeficiente Phi		0,3487	
Coeficiente de contingencia		0,3293	
V de Cramer		0,3487	

*Diferencia significativa ($P < 0,05$).



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. Tiempo de respuesta de las vacas por tratamiento.

TRAT.	ID	FECHA DE APLICACIÓN	TIEMPO DE RESPUESTA (DÍAS)	FECHA A LA 1ª I.A.	DÍAS A LA 2ª I.A.	FECHA A LA 2ª I.A.
1	279	12-sep	3	15-sep		
1	276	13-sep	3	16-sep		
1	540	17-oct	3	20-oct		
1	596	23-sep	2	25-sep		
1	611	06-mar	4	10-mar		
1	560	06-mar	4	10-mar	26 días	01-abr
1	420	06-mar	4	10-mar		
1	610	12-oct	3	15-oct		
1	5056	14-ago	4	18-ago	28 días	11-sep
1	7010	14-ago	4	18-ago	28 días	11-sep
2	166	14-sep	1	15-sep		
2	450	15-sep	1	15-sep		
2	338	06-mar	4	10-mar		

TRAT: tratamiento aplicado; ID: identificación del animal; I.A. fecha de la inseminación artificial.

Efecto de la condición corporal (CC) sobre la tasa de gestación

Como se señala anteriormente, la respuesta al tratamiento dependió en gran medida de la condición corporal, sin embargo, la interacción con la tasa gestación no fue significativa, coincidiendo con Bó et al. (2005) quienes indican que la tasa de preñez no es afectada por la CC.

CONCLUSIONES

- A pesar de no observar diferencias significativas entre los tratamientos, la aplicación de eCG fue mejor en la reanudación de la actividad ovárica en vacas con anestro postparto.
- La condición corporal es un aspecto que debe tomar en cuenta al momento de aplicar tratamientos hormonales, ya que resultó altamente significativa en cuanto a la respuesta a los tratamientos aplicados. Animales con una condición corporal superior a 3,5 respondieron mejor a los tratamientos.



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

- Ayala, L. E., Pesántez, J. L., Pacheco, E., Rodas, R., Méndez, M. S., Soria, M. E., Torres, C. S., Vázquez, J. M., y Pesántez, M. R. (2017). Tamaño del folículo ovulatorio, cuerpo lúteo y progesterona sanguínea en vaquillas receptoras de embriones de tres razas en pastoreo en Ecuador. *Rev. Prod. Anim.*, 29 (2), 65-72. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n2/rpa09217.pdf>
- Baruselli, P. S., Sales, J. N. S., Crepaldi, G. A., Marques, M. O., Ferreira, R. M., De Sá, F. M. F., y Viera, L. M. (2013). *Rev. Taurus*, 62, 32-42. https://www.researchgate.net/publication/311270531_Uso_de_eCG_asociada_al_control_de_la_dinamica_folicular_IATF_TETF_y_SPO
- Baruselli, P. S., Gimenes, L. U., y Sales, J. N. S. (2007). Fisiología reproductiva de fêmeas taurinas e zebuínas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31(2), 205-211. <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/205.pdf>
- Baruselli, P. S., Marques, M. O., Reis, E. L., y Bo, G. A. (2003). *Tratamientos hormonales para mejorar la performance reproductiva de vacas de cría en anestro en condiciones tropicales*. V° Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. 103-114. <https://iracbiogen.com/resumenes-simposio-internacional-de-reproduccion-anim/>
- Bó, G., Cutaia, L. E., Souza, A. H., y Baruselli, P. (2009). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona. *Taurus, Bs. As.*, 11(41), 20-34. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/145-IATF.pdf
- Bó G. (2012). IATF: PROTOCOLOS A BASE DE P4 Y E2. VI Jornada de Reproducción Bovina 2012 IRAC Córdoba Argentina. <https://iracbiogen.com/resumenes-simposio-internacional-de-reproduccion-anim/>



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

- Bó, G. A., Adams, G. P., y Pierson, R. A. (1994). Follicular waves dynamic after estradiol 17β treatment of heifers with or without a progesterone implant. *Theriogenology*, 41(8), 1555-1569. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(94\)90821-Y](https://doi.org/10.1016/0093-691X(94)90821-Y)
- Bó G. A., y Baruselli, P. S. (2002). *Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en el Ganado Bovino en Regiones Subtropicales y Tropicales*. Capítulo XXXI. En: Avances de la Ganadería doble propósito, C. Gonzales-Stagnaro, Eleazer Soto Belloso y Lidio Ramírez Iglesias (Editores); Fundación Giraz Maracaibo, Venezuela; 499-514.
http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/38349/31_capitulo31.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bó, G. A., Cutaia, L., Chesta, P., Balla, E., Picinato, D., Peres, L., Maraña, D., Avilés, M., Menchaca, A., Veneranda, G., y Baruselli, P. S. (2005). *Implementación de programas de inseminación artificial en rodeos de cría de Argentina*. Sexto Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC (Instituto de Reproducción Animal Córdoba), Córdoba, junio 24, 25 y 26. Argentina. 1-28 pp.
<https://iracbiogen.com/resumenes-simposio-internacional-de-reproduccion-animal/>
- Brito, C. R., Blanco, S., Calderón, R. C., Preval, B., y Campos, E. (2001). Patología de la Reproducción Animal. P., 52-53, Editado por: Editorial Félix Varela. La Habana.
- Callejas, S. (2005). Control farmacológico del ciclo estral bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. Parte II. *Rev. Taurus*, 25, 16-35. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/65-control_farmacologico_ciclo.pdf
- Cavalieri, J., Nation, D. P., Hepworth, G., Pino, S., Rabiee, A., y McMillan, K. L. (2003). Phantom cows predisposing factors, causes and treatment strategies that have been attempted to reduce the prevalence within herds. Proceedings of the Australian and New Zealand Combined Dairy Cattle Veterinarians Conference – incorporating the 20th Annual Seminar of the Veterinarians New Zealand Veterinary



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

Association, 20, 365-388.
<https://www.sciquest.org.nz/browse/publications/article/141974>

Chenault, J. R., Boucher, J. F., Dame, K. J., Meyer, J. A., y Wood-Follis, S. L. (2003). Intravaginal progesterone insert to synchronize return to estrus of previously inseminated dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86(6), 2039-2049.
[https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73793-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73793-x)

Chebel, R., Santos, J. E. P., Junchem, S., Galvão, K. N., y Thatcher, W. W. (2003). Effect resynchronization with GnRH on day 21 after insemination on pregnancy rate and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 60(8), 1389-99.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00117-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00117-1)

Cutaia, L., Veneranda, G., Tríbulo, R., Baruselli, P. S., y Bó, G. (2003). *Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Rodeos de Cría: Factores que lo Afectan y Resultados Productivos*. V° Simposio Internacional de Reproducción Animal. IRAC. 119-129. <https://iracbiogen.com/resumenes-simposio-internacional-de-reproduccion-animal/>

Echternkamp, S. E., Cushman, R. A., y Allan, M. F. (2009). Size of ovulatory follicles in cattle expressing multiple ovulations naturally and its influence on corpus luteum development and fertility. *Journal of animal science*, 87(11), 3556-3568.
<https://doi.org/10.2527/jas.2009-2049>

Figueredo, R. A., Barros, C. M., Pinheiro, O. L., y Soler, J. M. P. (1997). Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. *Theriogenology*, 47, 1489-1505.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00156-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00156-8)

Ginther, O. J., Knopf, L., y Kastelic, J. P. (1989). Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves. *J. Reprod. Fertil.*, 87, 223-230. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0870223>



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

- Henderson, K. M., McNeilly, A. S., y Swanston, I. A. (1982). Gonadotrophin and steroid concentration in bovine follicular fluid and their relationship with to follicle size. 3. *Reprod, Fert.*, 65, 467-473. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0650467>
- Iglesias, C. (2002). *Aplicación posparto de GnRH y PGF2 α para estimular la reactivación ovárica y la fertilidad en ganado lechero*. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. 23 p. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5b93b5b4-4bae-4867-b22f-d8c2272b3027/content>
- Justiniano, D. J. A. (2000). *Sincronización de celo y preñez en vientres cebuinos receptoras de embriones*. Tesis de Grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma “Gabriel René Moreno”. Santa Cruz, Bolivia. p. 1-55. <https://silo.tips/download/evaluacion-de-dos-progestagenos-y-luprostiol-en-la-sincronizacion-de-celo-en-vac>
- Le blanc, S. (2005). Using DHI Records on-farm to evaluate Reproductive Performance. *Advances in Dairy Technology*, 17, 319-330. https://wcds.ualberta.ca/wcds/wp-content/uploads/sites/57/wcds_archive/Archive/2005/Manuscripts/LeBlanc2.pdf
- Lequarre, A., Vigneron, C., Ribaucour, F., Holm, P., Donnay, I., Dalbies-Tran, R., Callesen, H., y Mermillod, P. (2005). Influence of antral follicle size on oocyte characteristics and embryo development in the bovine. *Theriogenology*, 63(3), 841-859. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.05.015>
- López, L. L. (2007). *Evaluación de dos protocolos hormonales de sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo en vacas cebuínas bajo condiciones de crianza extensiva en la Amazonía*. Tesis para optar el título de Médico Veterinario. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. E. A. P. de Medicina Veterinaria. Lima-Perú. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/694/Delaguila_II.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/).

Lucy, M. C., McDougall, S., y Nation, D. P. (2004). The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture based management systems. *Anim. Reprod. Sci.*, 82-83, 495-512. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.004>

Lucy, M. C., Billings, H. J., Butler, W. R., Ehniss, L. R., Fields, M. J., Kesler D. J., Kinder, J. E., Matos, R. C., Short, R. E., Thatcher, W. W., Wetterman, R. P., Yelich, J. V., y Hafs, H. D. (2001). Efficacy of an intravaginal progesterone insert and an injection of PGF 2α for synchronizing estrus and shortening the interval to pregnancy in postpartum beef cows, peripubertal beef heifers and dairy heifers. *Journal of Animal Science*, 79(4), 982-995. <https://doi.org/10.2527/2001.794982x>

Maurasse, C., Matton, P., y Dufour, J. J. (1985). Ovarian follicular population at two stages of an estrous cycle in heifers given high-energy diets. *Journal of Animal Science*, 61(5), 1194-1200. <https://doi.org/10.2527/jas1985.6151194x>

McDougall, S., y Loeffler, S. H. (2004). Resynchrony of postpartum dairy cows previously treated for anestrous. *Theriogenology*, 61, 239-253.

Monroy, Y. M. (2017). *Tamaño del folículo ovulatorio, volumen del cuerpo lúteo y niveles séricos de progesterona, durante el ciclo estral y gestación temprana en vacas Holstein en Bogotá*. Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Salud Animal. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá, Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/61025/Tesis_Yulieth_Monroy_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morales, J.T., y Cavestany, D. (2012). Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales, *Veterinaria (Montevideo)*, 48(188), 3-11. <https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/212>

Moscoso, Z. (2001). *Evaluación de la terapia con GnRH en vacas repetidoras de servicio en Zamorano*. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.



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

Tegucigalpa, Honduras. p. 6.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fa84558f-6499-40e2-b374-fd8df4f590e7/content>

Nogueira, M., Melo, D., Carvalho, L., Fuck, E., Trinca, L., y Moraes, C. (2004). Do progesterone concentrations decrease pregnancy rates in Embryo recipients synchronized with PGF2 and eCG. *Theriogenology*, 61(7-8): 1283-1290.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.07.012>

Núñez, M. J., y Domínguez, R. A. (2014). Efecto del amamantamiento restringido sobre la tasa de preñez en vacas cebuínas con cría sometidas a un programa de IATF y repaso con toros en el departamento de Caaguazu. Tesis de especialización. Córdoba: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba.
https://nanopdf.com/download/efecto-del-amamantamiento-restringido-sobre-la-tasa-irac_pdf

Perea-Ganchou, F., Soto-Belloso, E., Ramírez-Iglesia, L., González-Fernández, R., Goicochea-Llaque, J., y De Ondiz-Sánchez, A. (2003). Postpartum anestrous treatment with intravaginal progesterone and eCG in suckling crossbred tropical cows. *Rev Cient FCV-LUZ*, 13(1), 38-44.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-427431>

Perea, F., González, R., Cruz, R., Soto, E., Rincón, E., González, C., y Villamediana, P. (1998). Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y en novillas mestizas. *Revista Científica FCV-LUZ*, 8(1), 14-24.
<file:///C:/Users/neysa.garrido/Downloads/14304-Texto%20del%20art%C3%ADculo-14712-1-10-20141023.pdf>

Rhodes, F. M., McDougall, S., Burke, C. R., Verkerk, G. A., y Macmillan, K. L. (2003). Treatment of cows with an extended Postpartum Anestrus Interv. *J. Dairy Sci.*, 86, 1876-1894. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73775-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73775-8)



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

Rodríguez, H. O. (2016). Efecto de la eCG sobre la preñez en vacas y vaquillonas. Tesina de la Orientación Producción Animal (Bovinos de Carne), presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Veterinario. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil.
<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/746>

Santos, J. E. P., Thatcher, W. W., Chebel, R. C., Cerri, R. L. A., y Galvão, K. N. (2004). The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs. *Anim Reprod. Sci.*, 82-83, 513-535.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.015>

Soto-Belloso, E., Martínez, G. P., y Castillo, G. S. (1998). Avances en el manejo reproductivo de la vaca problema en ganadería de doble propósito. P: 429-430, En: Mejora de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. Editores. C. González-Stagnaro. N. Madrid-Bury; E. Soto Belloso. Univ. Zulia. FAC. De Ciencias Veterinarias. FAC. de Agronomía. CONDES, GIRARZ.

Spell, A. R., Beal, W. E., Corah, L. R., y Lamb, G. C. (2001). Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology*, 56(2), 287-297. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00563-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00563-5)

Vallejos, T. D. A., Muñoz, Y. A., Chávez, C. A., Astaíza, J. M., y Benavides, C. J. (2017). Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con amamantamiento restringido y sin este. *Revista de Medicina Veterinaria*, (35), 83-91. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4391>

Vasconcelos, J., Sartori, R., Oliveira, H., Guenther, J., y Wiltbank, M. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*, 56(2), 307-314. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00565-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00565-9)

Vélez, M., Hincapié, J. J., y Matamorros, I. (2006). *Producción de ganado lechero en el trópico*. 5ª Ed. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 175-176.



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

Wiltbank, M., Lopez, H., Sartori, R., Sangsritavong, S., y Gümen, A. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*, 65(1), 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.003>

Wiltbank, M. C., Gümen, A., y Sartori, R. (2002). Physiological classification of anovulatory condition in cattle. *Theriogenology*, 57(1), 21-52. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00656-2](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00656-2)



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

IMPACTO DE LOS INSECTOS EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN PANAMÁ¹

Randy Atencio-Valdespino²; Rubén D. Collantes-González³;

Martin A. Caballero-Espinos⁴; Paola Hernández-Aparcedo⁵; Milagros Vaña-Herrera⁶

RESUMEN

La seguridad alimentaria de un país representa la piedra angular de la nutrición, así como del desarrollo económico y social. Son diversos los factores que pueden impactar la seguridad alimentaria, entre los cuales destacan los insectos. El presente trabajo es una revisión sobre el impacto de los insectos en la seguridad alimentaria en Panamá. El estudio se desarrolló a través de la búsqueda de información relevante publicada asociada a la temática, considerando tres aspectos fundamentales: los insectos plaga, los insectos benéficos (enemigos naturales, polinizadores) y los insectos como alimento para humanos y animales, desde una perspectiva general. Sobre esto último, los insectos representan una de las alternativas de producción de proteínas de mayor importancia para el futuro tanto en Panamá como a nivel mundial, considerando las deficiencias nutricionales y de seguridad alimentaria existentes.

Palabras clave: Insectos plaga, insectos benéficos, insectos comestibles, alternativa de alimento, producción de proteína.

¹ Recepción: 1 de agosto de 2022. Aceptación: 13 de agosto de 2022. Este trabajo formó parte de los estudios asociados a Entomología Agrícola y seguridad alimentaria en Panamá realizados dentro del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS).

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIA Divisa), Ctra. Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá / Sistema Nacional de Investigación (SNI), Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), Ciudad de Panamá. e-mail: randy.atencio@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

³IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí), Estación Experimental de Cerro Punta. e-mail: rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

⁴IDIAP, CIA Chiriquí, Estación Experimental de Cerro Punta. e-mail: maxel797@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6124-0935>

⁵Universidad Especializada de las Américas (UDELAS). Estudiante de la Licenciatura de Seguridad Alimentaria y Nutricional, de la Facultad de Biociencias y Salud Pública. e-mail: paola.hernandez.0@udelas.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-2961-1249>

⁶Universidad Especializada de las Américas (UDELAS). Docente e Investigadora, Coordinadora Nacional de la Licenciatura de Seguridad Alimentaria y Nutricional, de la Facultad de Biociencias y Salud Pública. e-mail: milagros.vana.5@udelas.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-8806-0785>



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

IMPACT OF INSECTS ON FOOD SECURITY IN PANAMA

ABSTRACT

A country's food security represents the cornerstone of nutrition, as well as, economic and social development. There are several factors that can impact food security, among which insects stand out. This paper is a review of the impact of insects on food security in Panama. The study was developed through the search for relevant published information associated with the subject, considering three fundamental aspects: pest insects; beneficial insects (natural enemies, pollinators); and insects as food for humans and animals, from a general perspective. Regarding the latter, insects represent one of the most important protein production alternatives for the future, both in Panama and worldwide, considering the existing nutritional and food security deficiencies.

Key words: Pest insects, beneficial insects, edible insects, food alternative, protein production.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria se da cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico a los alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y saludable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1999).

Garantizar la seguridad alimentaria de un país implica contar con abasto suficiente, lo que involucra la capacidad productiva y la adecuada distribución que garanticen la disponibilidad y el acceso a los alimentos (Félix-Verduzco et al., 2018).

La seguridad alimentaria tiene lugar cuando toda persona sin importar factores como su cultura, religión, etnia y nivel económico tiene acceso de forma estable y constante a alimentos seguros, inocuos, nutritivos que cubran sus necesidades nutricionales para tener una vida digna, plena y activa (Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud [OPS/OMS], 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/).

Los últimos datos disponibles en relación con la seguridad alimentaria en el mundo no son positivos (FAO, 2021a), debido a situaciones que repercuten directamente en la seguridad alimentaria que incluyen la pandemia por COVID-19, conflictos armados, crecientes desigualdades, los efectos del cambio climático y perturbaciones económicas especialmente en áreas rurales con pobreza y pobreza extrema.

En Panamá, en el año 2006 se realizó un estudio que incluyó 75 distritos en los que se agrupo la población total, dando como resultado que existían 32 distritos con 1 985 864 personas que contaban con una alta seguridad alimentaria; 14 distritos con 528 505 que contaban con seguridad alimentaria media; y 29 distritos con 433 654 personas que contaban con baja seguridad alimentaria (Morell, 2006).

El Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) utilizó como referencia los resultados de la última Encuesta de Niveles de Vida de Panamá realizada en 2008 (Ministerio de Economía y Finanzas/Instituto Nacional de Estadística y Censo [MEF/INEC], 2008; Caja del Seguro Social [CSS], 2016) revelo que en Panamá el 11% de niños menores de 5 años presentaban sobrepeso y obesidad, a partir de los 6 meses de edad, sin diferencias entre los sexos, situación que en los adultos incluyo un 36,4% con sobrepeso y 20,4% con obesidad (INCAP, 2011).

El informe de FAO en 2015 indicó que en Panamá existen avances en la lucha contra el hambre y la malnutrición, como indica la información dentro de los periodos del 2000 a 2002 y 2014 a 2016, con una reducción de la prevalencia de subalimentación a nivel nacional de 27,6% a 9,5% (FAO, 2015), pero también se indica que Panamá tiene una nula utilización de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos (GABA) y más de 400 000 personas presentan problemas persistentes de malnutrición en el país (FAO, 2018).

El monitoreo nutricional realizado en el mismo año (2018) por el Ministerio de Salud de Panamá (MONINUT), mostró que la población panameña enfrenta una doble carga nutricional, esta malnutrición consiste en la existencia de deficiencias nutricionales (desnutrición) y un exceso de peso (sobrepeso u obesidad) (Ministerio de Salud [MINSAL], 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/).

Las cifras indican que 7 de cada 10 panameños presentan un exceso de peso, por ende, consecuencias de morbilidad y mortalidad asociadas al sobrepeso y la obesidad, así como, otras enfermedades crónicas degenerativas no transmisibles, como enfermedades cardio vasculares, hipertensivas y la diabetes (MINSA, 2018).

La tasa de mortalidad general presentada en el año 2018 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) fue de 4,7% (por cada 1 000 habitantes) y según las causas se demostró que las enfermedades cerebro vasculares abarcan el 43,1%, la diabetes mellitus 32,8%, las enfermedades del corazón un 30,8% e hipertensivas un 20,1% (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2018), las cuales, se derivan de la falta de dietas saludables, falta de acceso a la salud ambiental y calidad de vida.

Son casi 300 000 personas en Panamá, las que padecen de hambre, esta cifra representa el 7,5% de la población total en subalimentación, la cual, viene en aumento en las regiones vulnerables desde 2014 (FAO, 2021b). Estas cifras nos indican que la población no logra suplir sus necesidades energéticas y que su dieta no cumple con las recomendaciones dietéticas diarias (RDD) (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/Organización Panamericana de la Salud [INCAP/OPS], 1994).

En este sentido, el Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021, aborda de manera integral el problema de la malnutrición que incluyo acciones que integren a las regiones en pobreza y pobreza extrema en materia social, de salud, agricultura y educación (Ministerio de Desarrollo Social et al., 2019).

Panamá presenta una situación igual que otros países de la región que no muestran datos sobre la prevalencia de inseguridad alimentaria, las inexistentes cifras actualizadas se deben a la falta de encuestas nacionales (FAO, 2021b; 2021c).

Aun cuando la FAO (2018) muestra que Panamá forma parte de los siete países que producen, por ejemplo, más frutas y verduras en una cantidad mayor de las que se necesitan para abastecer adecuadamente a la población (según el estándar de 400 g/día/persona), al medir la disponibilidad de estos alimentos, queda en una posición deficitaria.



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 tasas de pobreza (9,9%) y pobreza extrema (22,1%) en Panamá (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018), muestran las elevadas tasas de desigualdad económica y social, lo cual, puede acentuar problemas de malnutrición, debido a la falta de acceso a una alimentación adecuada, además, de que dificultan el desarrollo del país (Bilger, 2017).

La búsqueda y construcción de alternativas alimentarias se hace cada vez más evidente y absolutamente necesaria (MIDES et al., 2019), por lo cual, se justifica la necesidad de fortalecer los sistemas alimentarios del país (Poulain, 2002). Es por esta razón, que los sistemas alimentarios robustos integran un núcleo básico y fundamental, pues, garantizan una alimentación adecuada a la población (CSA, 2012).

Para dar respuestas a estas problemáticas alimentarias, se deben buscar soluciones reales y con sostenibilidad global, que puedan sustituir por ejemplo las demandas del ganado vacuno existentes en la actualidad, tomando en cuenta el incremento masivo de la población humana que se prevé para el 2050, de casi 10 000 millones de personas (Grafton, 2015), incremento que tiende a aumentar la inseguridad alimentaria a nivel mundial (Kousar et al., 2021).

Los elementos antes expuestos justifican la importancia de la entomofagia (consumo de insectos) como alternativa, para mejorar la crisis alimentaria en el mundo puesto que la cría de insectos tiene múltiples beneficios que incluyen: ambientales (baja emisión gases de efecto invernadero), nutricionales (alto contenido en proteínas [inclusive más que el pescado y las carnes rojas], micronutrientes, ácidos grasos y fibra), medicinales (propiedades antioxidantes y antiinflamatorias), sociales y económicos (oportunidades empresariales locales y de inclusión) que minimizan el riesgo de enfermedades causadas por la malnutrición como la desnutrición y la obesidad (FAO, 2013; Kemsawasd et al., 2022).

El consumo de insectos mantiene registro de hace décadas como una buena alternativa de consumo alimenticio de poblaciones en Asia, África y hasta América Latina (Kemsawasd et al., 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 integración de la entomofagia dentro de los hábitos alimenticios de la población puede contribuir a reducir el hambre, que es un término que está estrechamente relacionado con la inseguridad alimentaria y nutricional (Ramírez et al., 2020).

Los hallazgos demuestran que la ingesta de grillos comestibles es segura y complementaria para incluir en la dieta de la población (Kemsawasd et al., 2022); se podría considerar como un complemento alimenticio sobre todo para la población con problemáticas de salud pública por ausencia de alimentos de calidad (Lenaerts y Demont, 2021).

En Panamá la demanda de nuevas alternativas alimentarias puede incluir en las próximas décadas la ingesta de insectos dentro de la seguridad alimentaria (Avendaño et al., 2020; Gasca-Álvarez y González, 2021).

Este trabajo de revisión tuvo como objetivo determinar los principales impactos de los insectos en la seguridad alimentaria en Panamá para divulgar y promover el debate y estudio de la temática en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica de información disponible de 1990 a 2022 relacionada a la temática utilizando principalmente el motor de búsqueda Google Académico, Scientific Electronic Library Online, la Biblioteca Digital Wilson Popenoe (Universidad Zamorano, Honduras), el Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO) del Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD) del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y el Catálogo del Sistema Integrado de Bibliotecas de la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS).

La revisión bibliográfica se basó en la selección de artículos científicos, capítulos de libros, reportes institucionales y tesis doctorales sobre la temática de seguridad alimentaria e insectos asociados; los cuales sumaron un total de 77 documentos consultados. Esta revisión aportó significativamente al desarrollo del trabajo, considerando todo el potencial que tiene la divulgación y aplicación de esta temática dentro del sector de 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/).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Impactos de los insectos en la seguridad alimentaria en Panamá

Son diversos los aspectos dentro de los cuales los insectos pueden tener impacto sobre la seguridad alimentaria, que van desde actuar como plagas, benéficos en agroecosistemas y ser utilizados dentro de la práctica de entomofagia (Mendoza Betancourt et al., 2021; Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2021). Esto adquiere especial atención, al considerar que cada día se reducen significativamente las áreas destinadas a la producción agropecuaria, como consecuencia del crecimiento de la población y, por ende, de las urbes. El desarrollo de posibles alternativas sostenibles ha generado especial interés, más aún después de haber confrontado la crisis mundial por la COVID-19. A continuación se brindan alcances sobre la materia en cuestión.

Insectos plaga

En Panamá los insectos plaga atacan los rubros agrícolas de importancia dentro de la alimentación básica que incluyen grandes grupos de alimentos producidos dentro de una superficie total de 220 205 ha que produjeron 3 556 828 toneladas de alimentos por 37 963 productores anualmente; que incluye los granos como el arroz, maíz, sorgo, poroto, frijol y guandú (524 636 toneladas); hortalizas como papa, cebolla y tomate industrial (60 124 toneladas); cucurbitáceas como melón, sandía, zapallo y pepino (56 171 toneladas) (MIDA, 2021).

También se incluyen frutales como plátano, piña, naranja, limón persa, papaya, pitahaya, guayaba, aguacate y guanábana (2 972 487 toneladas); cultivos industriales como café, cacao, caña industrial, palma de aceite y coco (2 308 344 toneladas); raíces y tubérculos como yuca, oteo, ñame y ñampí (55 035 toneladas) (MIDA, 2021).

Por citar algunas plagas en cultivos básicos para la seguridad alimentaria de Panamá, para el caso del arroz se registra el chinche *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) (Zachrisson et al., 2014), *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Homoptera: Delphacidae) (Zachrisson, 2005), entre otras; en el maíz las larvas del gusano cogollero *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) (European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2022), en tomate la polilla *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Corro Chang y Metz, 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 el caso de los frutales, se encuentra en los cítricos el psílido asiático *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), como vector de la bacteria que causa el Huanglongbing en los árboles cítricos (Atencio et al., 2021c); otros insectos picadores-chupadores del orden Hemiptera, como *Paraleyrodes* sp. (Aleyrodidae), *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (Aphididae), *Lepidosaphes beckii* (Newman, 1869) (Diaspididae), *Saissetia coffeae* Walker, 1862 (Coccidae), *Leptoglossus zonatus* Dallas, 1852 y *Leptoglossus concolor* (Walker, 1871) (Coreidae) (Rodríguez et al., 2011; Collantes y Jerkovic, 2020); y las moscas de la fruta principalmente del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae), que incluye *A. ludens* Loew en cítricos y mango (Alvarado-Gálvez y Medianero, 2021).

El impacto en todas las cucurbitáceas que tiene el ataque de los trips, principalmente *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) asociado al cultivo de cucurbitáceas (Barba y Suris, 2015); en la yuca el chinche de la viruela en la yuca *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae) (Barba et al., 2009); en el café la presencia y expansión de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Lezcano et al., 2015); en la caña de azúcar *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae), *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae) y *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (Atencio et al., 2021d); entre otras plagas para cada rubro antes mencionado.

Pero el problema con insectos plaga no solo se limita al campo, también incluye las plagas insectiles de productos almacenados, que ocasionan por lo menos del 5 al 10 % de las pérdidas totales de granos almacenados a nivel internacional por daños principalmente por especies de los órdenes Coleoptera, Lepidoptera y Psocoptera (Viñuela et al., 1993; Laguna Ávila et al., 2016).

Los insectos plaga de productos almacenados han influido directamente sobre la sanitización y mejora en la funcionalidad de los diseños de las estructuras como el caso de los silos herméticos y cadenas de almacenaje para proteger cosechas agrícolas, como el caso de los granos almacenados y productos agrícolas procesados, que incluye en Panamá especies tales como *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) y *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) (García Leañes et al., 2007; Gerken y Campbell, 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/).

También se integran dentro de este grupo aquellos insectos no presentes en Panamá y de importancia cuarentenaria que incluye más de 100 especies de insectos que son un riesgo para la seguridad alimentaria en Panamá (MIDA, 2020) para la producción, exportación e importación de diversos productos agrícolas como el caso de los granos como el arroz afectados por gorgojo Khapra (*Trogoderma granarium* Everts) (Coleoptera: Dermestidae) (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2022), la mosca *Bactrocera dorsalis* (Hender) (Diptera: Tephritidae) que puede atacar una gran cantidad de especies frutales (MIDA, 2020), la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) que puede afectar una gran variedad de rubros básicos para la alimentación en Panamá (OIRSA, 2019).

Insectos benéficos

La diversidad de insectos benéficos constituye un elemento esencial dentro de los sistemas agroecológicos y netamente ecológicos, donde la función de los insectos es vital para la seguridad alimentaria, que incluye la presencia de grupos de insectos depredadores, parasitoides, polinizadores dentro de plantas de interés agrícola (Mendoza Betancourt et al., 2021).

También incluye insectos que intervienen en la degradación de material orgánica para la formación del suelo y reciclaje de nutrientes en el medio ambiente como el caso de los insectos detritívoros, coprófagos y necrófagos constituidos por especies de grandes grupos de insectos tales como Diptera y Coleoptera (Galante y Marcos-García, 1997).

Los grupos de insectos depredadores son tan diversos en los medios de producción agroecológica que incluyen especies dentro de familias tales como Coenagrionidae (Odonata), Labiidae (Dermaptera), Reduviidae (Hemiptera), Coccinellidae (Coleoptera), Syrphidae (Diptera), Vespidae (Hymenoptera), entre otras; los insectos parasitoides son también diversos e incluyen familias de Hymenoptera tales como Ichneumonidae, Braconidae, Pelecinidae, Tiphidae, Pompilidae, entre otras (Collantes y Pittí, 2019; Collantes y Jerkovic, 2020; Collantes et al., 2022).

El caso de los insectos polinizadores que incluyen diversas especies dentro de familias de los órdenes Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera,



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

entre otros ordenes que son de importancia vital para la polinización de las plantas con flores que prácticamente constituyen la base de la alimentación humana (García García et al., 2016; Miñarro et al., 2018).

Entre la gran biodiversidad de polinizadores que existen no solo se incluyen las abejas con aguijón (representada principalmente por *Apis mellifera* L. [Hymenoptera: Apidae]) y sin aguijón (Hymenoptera: Apidae) como grupo integral, sino también otros grupos como hormigas (Hymenoptera: Formicidae), que se transforman igualmente en grupos bioindicadores de la biodiversidad, contaminación y una fuente aún en proceso de descubrir de antibióticos (Fernández-Marín, 2018).

En el caso de los insectos detritívoros, existe amplias evidencias de estudios de las relaciones simbióticas entre microorganismos endosimbióticos, que son importantes en la formación del suelo, ciclado de nutrientes y descomposición de materia orgánica que incluye especies del orden Lepidoptera y Coleoptera (Galvis Salazar et al., 2016).

Durante los últimos años se ha hecho énfasis por su función a los grupos de insectos coprófagos donde destacan los escarabajos estercoleros (Scarabaeidae: Scarabaeinae) que cumplen una función muy importante dentro de los ranchos ganaderos tanto del trópico húmedo como subhúmedo que ayudan a descomponer la materia orgánica producida por las heces que resultan como producto de la actividad ganadera (Basto-Estrella et al., 2012).

También destaca la actividad de los insectos necrófagos que ponen sus huevos sobre los cadáveres o restos de estos, para que luego nazcan sus larvas para alimentarse de dicha materia orgánica que incluye especies del orden Coleoptera (Silphidae y Staphilinidae) y Diptera (Calliphoridae y Sarcophagidae), cuya alimentación puede incluir cadáveres de mamíferos y reptiles (Sánchez-Rojas et al., 2011).

Insectos para alimentación humana y animal

Los insectos forman parte de las dietas tradicionales de aproximadamente 2 mil millones de personas alrededor del mundo; dado que pueden contribuir con la seguridad alimentaria y pueden ser parte de la solución al desabastecimiento de proteínas, por 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/).

alto valor nutricional, bajas emisiones de gases efecto invernadero, poco requerimiento de suelo y agua y su alta eficiencia para convertir lo que ingieren en comida (Viesca González y Romero Contreras, 2009; Halloran et al., 2014; FAO, 2021d).

La entomofagia o antropoentomofagia es el hecho de que el hombre consuma insectos, y se considera para muchas poblaciones en atención a su cultura algo extraño y hasta exótico si se toma en cuenta que existe un aspecto cultural asociado a la entomofagia por parte de diversas culturas indígenas y regiones en América Latina y el mundo (Viesca González y Romero Contreras, 2009; Halloran et al., 2014; FAO, 2021e).

El consumo de insectos de diversos ordenes, entomofagia, es practicado por millones de personas en el mundo sobre todo por aspectos culturales y en mercados emergentes donde los insectos constituyen una alternativa alimenticia de importancia que contribuye a la seguridad alimentaria, debido a que permiten una producción de bajo costo y sostenible (Fleta Zaragoza, 2018).

En la historia antigua y moderna en diferentes culturas en el mundo la entomofagia se menciona como parte de la alimentación de las poblaciones humanas y de los animales de cría con el consumo de abejas, cigarras, gusanos de seda, cigarras, grillos, cucarachas, larvas de mosca, chinches, crisálidas de polillas, mariposas, escarabajos, langostas y langostines a causa de que para la época los insectos eran muy abundantes (Viesca González y Romero Contreras, 2009; FAO, 2021e).

El hombre descende de una gran estirpe de insectívoros dentro del orden de los primates, cuyo consumo de insectos históricamente incluyo piojos, hormigas y termitas, además de otros artrópodos que incluyen arañas y escorpiones (Viesca González y Romero Contreras, 2009).

El consumo de insectos tienen diversas ventajas, que incluyen altos niveles de proteína de alta calidad; pueden producir una gran diversidad de productos proteínicos, aceites, fertilizantes, harina, entre otros; requieren menos cantidad de alimento con una alta conversión alimenticia; tienen menos gases efecto invernadero para producir carne con menos cantidad de agua para producir kilo de carne; mantienen una alta biodiversidad



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 Neotrópico incluyendo en Panamá constituyen un riesgo menor para los humanos en cuanto a casos de Zoonosis (FAO, 2013).

El consumo de los insectos se basa en que los insectos son tan nutritivos como consumir la carne roja del ganado vacuno o la de aves de corral, que incluye un alto contenido de calorías, proteínas, vitaminas, grasas, minerales, sodio, potasio, fósforo y calcio, con un consumo básicamente hasta de 80% de etapas inmaduras (Viesca González y Romero Contreras, 2009).

En la región de Latinoamérica países como México mantienen registros desde la antigüedad hasta la actualidad de larvas de libélulas, chinches de agua, chapulines, langostas, piojos, cucarachas, escarabajos, hormigas, abejorros, abejas, avispa y gusanos de maguey, principalmente por la gran diversidad de grupos indígenas de la región (Viesca González y Romero Contreras, 2009).

En la actualidad, los mismos pueden ser consumidos hervidos, fritos en aceite o en general preparados como bocado comestible, al tomar en cuenta que existe una gran cantidad de recetas con las que se pueden preparar insectos (Viesca González y Romero Contreras, 2009).

El consumo de los insectos podría tener en este aspecto un impacto positivo en la reducción de las emisiones que afectan el cambio climático sobre todo en zonas con pobreza rural donde son requeridas propuestas con bajos costos de inversión que puedan contribuir a resolver aspectos socioeconómicos de regiones determinadas sobre todo con respecto a la seguridad alimentaria (Ocampo Cadena, 2020).

Pero implementar la entomofagia como hábito dentro de la población incluye retos sociales para cambiar aspectos de la cultura latinoamericana es un reto que requiere la sensibilización para el consumo de los insectos (Fleta Zaragozano, 2018).

Existen retos en cuanto a producción de los insectos, para que sean competitivos con la proteína tradicional requieren incrementar la producción en masa, incluyendo la



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

estandarización de protocolos de producción, así como la necesidad de crear una normativa para los productos de origen de insectos (FAO, 2013).

En cuanto a los protocolos de producción se requiere estudios para nuevas especies o que son potenciales candidatas. De igual manera existen aspectos microbiológicos y de inocuidad que son requeridos para los insectos que están destinados al consumo humano y animal (FAO, 2021e).

La abundancia de insectos de importancia agrícola considerados plaga en Panamá como el caso de *Telchin licus* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) (Atencio et al., 2021a), *Schistocerca pallens* (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae) (Atencio et al., 2021b) y *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) (Atencio et al., 2020) también se transforman en una potencial alternativa para cubrir la demanda creciente y necesaria de proteínas y nutrientes de calidad en Panamá, pero esto incluiría a futuro la implementación de análisis de riesgo/beneficio por especie y como utilizarlos sin poner en peligro cultivos para dicho fin.

Cría de insectos sostenible en los agroecosistemas y para la producción de harina en Panamá

La multiplicación natural de los insectos en el ecosistema brinda aportes significativos en la cadena trófica; al servir como fuente alimenticia para diversas especies, tanto silvestres como domésticas. Las ventajas del consumo de insectos radican en sus aportes nutricionales, por su alto aporte proteico con aminoácidos de buena calidad y ser alimentos sustentables (Avendaño et al., 2020).

Las aves de corral y los animales silvestres se alimentan de una entomofauna diversa, la cual, comprende grillos, termitas, pulgones, cochinillas, escarabajos, orugas, crisálidas, moscas, pulgas, abejas, avispas y hormigas (Garcés et al., 2016).

Adicional, Garcés et al. (2016) destacaron con especial interés las larvas de mosca soldado negro, *Hermetia illucens* L., 1758 (Diptera: Stratiomyidae), por ser capaces de desarrollarse en cualquier residuo orgánico animal o vegetal, su índice de conversión es mejor que el de otras especies y cada larva puede pesar de 0,5-0,8 g; y el escarabajo 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 harina, *Tenebrio molitor* L., 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae), por su rápido crecimiento y fácil producción.

Respecto a los sistemas de producción acuícola, Carvajal (2022), evaluó con excelentes resultados para la producción de *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1890) (Perciformes: Sciaenidae), la sustitución parcial de harina de pescado (25% y 50%), con harina de grillo *Acheta domesticus* (L., 1758) (Orthoptera: Gryllidae) y con harina de *H. illucens*.

Aunque son diversas las especies de insectos que han sido sujetas a la cría masiva con fines de entomofagia, se han desarrollado protocolos de cría y procesamiento industrial para grillos como *Grillus assimilis* L. (Orthoptera: Gryllidae), que ya han sido evaluadas para la producción para consumo humano y animal a nivel artesanal e industrial (Arroyave-Sierra et al., 2020). En este mismo sentido, la especie de grillo *A. domesticus*, brinda uno de los mejores ejemplos entre las especies de insectos con mayor potencial en primera instancia para ser criado, procesado a nivel industrial y comercializado con diversos subproductos como la harina fortificada que posee un contenido de proteínas que puede variar entre 36,93% y 60%, (Portillo Rivera, 2017; Medina-Milian y Rivas-Flores, 2020).

Entre los aspectos más importantes para establecer la cría comercial de *A. domesticus* se cuentan con la estimación de los costos tanto en la producción y el proceso de la harina cuyo costo se estima en USD 22,20 por libra de harina obtenida en estudios realizados en El Salvador (Portillo Rivera, 2017).

La necesidad de establecer dietas que sean factibles tanto económica como nutricionalmente promovió en Ecuador el desarrollo de evaluaciones de dietas con insumos que incluyó restos de comidas, frutas, hortalizas y balanceado de pescado que tuvieron un impacto directo positivo sobre los días de postura, peso y el contenido nutricional de la harina (Vaca Monteros, 2020).

La importancia de este insecto ha promovido el diseño de modelos de producción y comercialización, como el caso de modelos de plantas de producción de harina y prototipos



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 barras energéticas a base de harina de grillo en Perú por dar un ejemplo (Guzmán Valiente et al., 2021).

Todos estos elementos se basan en el hecho que la harina de grillo ya tiene mercados de consumo como el europeo y el norteamericano que ha promovido rápidamente proyectos de investigación y desarrollo de producción de grillos y procesamiento en países como México, Ecuador, Perú, Costa Rica, entre otros en América Latina (Ayala Sorroza, 2019).

Los elementos antes expuestos transforman a *A. domesticus*, presente en el país, en un potencial candidato para su cría e industrialización en Panamá (Cigliano et al., 2022). Por otra parte, la harina de larva de *H. illucens* se adiciona actualmente en dietas para peces, animales productivos y mascotas, como remplazo de la harina de soya o pescado (Avendaño et al., 2020). Esto último motiva el desarrollo de investigaciones que contribuyan con sistemas productivos sostenibles, como la propuesta de Carvajal (2022).

CONCLUSIONES

- Los insectos están asociados de manera positiva y negativa a la seguridad alimentaria en Panamá. Por esta razón son importantes estudios a corto, mediano y largo plazo donde se relacionen los insectos y su impacto con la seguridad alimentaria en Panamá, incluyendo los insectos plaga, benéficos y con potencial alimenticio.
- Estos estudios a futuro también deben incluir estudios de impacto ambiental, social y económico (que incluye el análisis de riesgo / beneficio) de diversas especies de insectos nativos con potencial para ser integrados como complemento de la nutrición humana en Panamá.
- Los insectos con potencial alimenticio para humanos y animales de cría constituyen una gran oportunidad a desarrollar tanto a nivel del establecimiento de crías como el procesamiento con el fin de proporcionar una alternativa nutritiva rica en proteína, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales a la población en Panamá. Esto gana mayor relevancia en el contexto actual tanto nacional como internacional, como la crisis



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

alimentaria asociada a los conflictos bélicos internacionales y la pandemia de COVID 19, entre otras problemáticas emergentes.

- Dentro de una gran biodiversidad de potenciales candidatos a establecer crías de insectos en Panamá, uno de los que ofrece mayores perspectivas de establecimiento para este fin es el grillo *A. domesticus* considerando que se trata de una especie de insecto nativa.

REFERENCIAS

Avendaño, C. S., Sánchez, M., y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista chilena de nutrición*, 47(6). <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>

Alvarado-Gálvez, L., y Medianero, E. (2021). Especies de parasitoides asociados a moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) en Panamá, República de Panamá. *Scientia*, 25(2), 47-62. <https://revistasvip.up.ac.pa/index.php/scientia/article/view/1142>

Arroyave-Sierra, O. J., Chamorro-Rengifo, J. C., Londoño-Hernández, L., Ochoa-Muñoz, A. F., y Ospina-Galindez, J. A. (2020). Evaluación de tres tipos de dieta durante la etapa de engorde del grillo común (*Gryllus assimilis* L.). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 69-74. <https://doi.org/10.23850/24220582.2972>

Atencio, R., Goebel, F., Guerra, A., y López, S. (2020). Uso de *Galleria mellonella* (Lep. : Pyralidae) como presa centinela para evaluar el impacto de enemigos naturales sobre *Diatraea tabernella* Dyar (Lep. : Crambidae) en caña de azúcar en Panamá. *Revista Colegiada de Ciencia*, 1(2), 31-44. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/1347>

Atencio V., R., Goebel., F., Guerra., A., Nikpay., A., y Collantes, G., R. (2021a). Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin*



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

licus en caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 37-58.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2466

Atencio-Valdespino, R., Zachrisson, B., Collantes G., Rubén D., Lezcano B., J., González-Dufau, G., y Barba-Alvarado, A. A. (2021b). La Familia Acrididae (Orthoptera: Acridoidea) y su Impacto en la Agricultura en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 32, 71-94. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/421/331>

Atencio V., R., Aguilera, C., V. A., y Arcia, T., A. A. (2021c). Actualidad de la Enfermedad del Huanglongbing (HLB) de los Cítricos en Panamá. *Actualidad Agropecuaria*. Septiembre. 268: 8-18. <https://actualidadagropecuaria.com/revista-digital-actualidad-agropecuaria-septiembre-2021/>

Atencio V., R., Goebel, F., Guerra, A., Nikpay, A., y Collantes G., R. (2021d). Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* en caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 37-58.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2466

Avendaño, C., Sánchez, M., y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1029-1037. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>

Ayala Sorroza, E. L. (2019). Desarrollo de un plan de exportación de harina de *Acheta domesticus* (Grillo doméstico) hacia el mercado español. trabajo de titulación presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero en Comercio Exterior. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Ingeniería en Comercio Exterior. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41391/1/TESIS%20DESARROLLO%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20EXPORTACION%20DE%20HARINA%20DE%20ACHETA%20DOMESTICUS%20%28GRILLO%20DOMESTICO%29%20HACI.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/).

- Barba, A., Hernández, R., y González, A. (2009). Actividad: Identificación de agentes de control biológico del chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae). Informe Técnico. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Barba-2009b-Biocontrol-agents-Cyrtomenus.pdf>
- Barba, A., y 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. <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/604>
- Basto-Estrella, G., Rodríguez-Vivas, R. I., Delfín-González, H., y Reyes-Novelo, E. (2012). Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(2), 380-386. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532012000200008&lng=es&tlng=es
- Bilger, M. K. (2017). Measuring Socioeconomic Inequality in Obesity: Looking Beyond the Obesity Threshold. *Health Economics*, 26(8), 1052-1066. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5516143/pdf/HEC-26-1052.pdf>
- Carvajal, K. (2022). Efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de insecto (*Hermetia illucens* y *Acheta domesticus*) en el desempeño biológico, digestibilidad, actividad enzimática y perfil de ácidos grasos de juveniles de *Totoaba macdonaldi*. [Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México]. <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3670>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *Panorama Social América Latina 2017*. Santiago de Chile. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42716/7/S1800002_es.pdf
- Cigliano, M.M., Braun, H., Eades, D.C., y Otte, D. (2022). Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0. <http://Orthoptera.SpeciesFile.org>



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., y Jerkovic, M. (2020). Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(1), 48-58. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.680>

Collantes, R., y Pittí, J. (2019). Insectos asociados al aguaymanto en Cerro Punta, Chiriquí-Panamá. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 147-160. <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.638>

Collantes, R., Pittí, J., Santos, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022). *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae): plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2), 21-30. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2924

Corro Chang, P. E., y Metz, M. A. (2021). Classification of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae: Gelechiinae: Gnorimoschemini) Based on Cladistic Analysis of Morphology. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 123(1), 41-54. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.1.41>

Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. (2012). *En buenos términos con la terminología*. 39.º período de sesiones. Roma. <https://www.fao.org/bodies/cfs/cfs39/es/>

Caja del Seguro Social. (2016). *Censo nacional de Salud preventiva*. Caja de Seguro Social de Panamá. <http://www.css.gob.pa/cnsp.html#:~:text=El%20Censo%20de%20Salud%20Preventiva,y%20brindarle%20la%20atenci%C3%B3n%20oportuna>

European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2022). EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int>

Félix-Verduzco, G., Aboites Manrique, G., y Castro Lugo, D. (2018). La seguridad alimentaria y su relación con la suficiencia e incertidumbre del ingreso: un análisis de las percepciones del hogar. *Acta universitaria*, 28(4), 74-86. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1757>



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

- Fernández-Marín, H. (2018). Los insectos como indicadores de la biodiversidad y salud de los ecosistemas. Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología (INDICASA AIP). <https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2018/07/Hormigas-y-abejas-H-Fernandez-Marin.pdf>
- Fleta Zaragozano, J. (2018). Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanidad Militar*, 74(1), 41-46. <https://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000100008>
- Galante, E., y Marcos-García, M. Á. (1997). Detritívoros, Coprófagos y Necrófagos. *Bol. S.E.A.*, 20, 57-64. http://sea-entomologia.org/PDF/BOLETIN_20/B20-003-057.pdf
- Galvis Salazar, J. D., Quiñones, R., y Jiménez, P. (2016). Aislamiento de Microorganismos del Tracto Digestivo de Larvas de Coleópteros y Lepidópteros Detritívoros y Evaluación, In Vitro, de su Efecto Antagónico en una Cepa de *Fusarium oxysporum*. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 5(1-2), 106-113. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2124>
- Garcés, C., Soler, M., y Schiavone, A. (2016). *Uso de insectos en la alimentación avícola*. <https://www.adiveter.com/uso-de-insectos-en-la-alimentacion-avicola/#:~:text=Los%20insectos%20son%20parte%20de,%2C%20abejas%2C%20avispas%20y%20hormigas>
- García García, M., Ríos Osorio, L. A., y Álvarez del Castillo, J. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. *Idesia (Arica)*, 34(3), 53-68. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008>
- García Leños, M. De L., Aguirre Gómez, J. A., Narro Sánchez, J., Cortés Baheza, E., y Rivera Reyes, J. G. (2007). Silo hermético para el control de plagas de granos almacenados en Guanajuato, México. *Agricultura técnica en México*, 33(3), 231-239. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000300002&lng=es&tlng=es



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

Gasca-Álvarez, H. J. , y González, W. (2021). Aproximación al uso y aprovechamiento de insectos comestibles en las comunidades indígenas del oriente amazónico colombiano. *Revista Peruana de Biología*, 28(4).
<https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v28i4.21227>

Gerken, A., y Campbell, J. (2021). Spatial and Temporal Variation in Stored-Product Insect Pest Distributions and Implications for Pest Management in Processing and Storage Facilities. *Annals of the Entomological Society of America*, 115(3), 239-252.
<https://doi.org/10.1093/aesa/saab049>

Grafton R. Q., D. C. (2015). Towards food security by 2050. *Food Secur.*, 7:179–183.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-015-0445-x>

Guzmán Valiente, R. E., Espinoza Yovera, J. D., García Rijalba, K., Díaz Quiroz, W. P., y Carrasco Talledo, W. S. (2021). *Diseño de una planta de producción de harina y barras energéticas a base de grillo en la ciudad de Piura*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Piura. Trabajo de Investigación.
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5408/PYT_Informe_Final_Proyecto_Cricrack.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Halloran, A., Muenke, C., Vantomme, P., y Van Huis, A. (2014). Insects in the human food chain: global status and opportunities. *Food Chain*, 4(2), 103-118.
<http://dx.doi.org/10.3362/2046-1887.2014.011>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2011). *Análisis de la Situación Alimentaria en Panamá*. Guatemala.
<http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones-incap/115-panama-informe-analisis-de-situacion-alimentaria/file>

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/Organización Panamericana de la Salud. (1994). *Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP*. Guatemala.
<http://www.bvs.hn/Honduras/Nutricion/Recomendaciones.Dieteticas.Diarias.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/).

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2018). Estadísticas Vitales. Volumen III-Defunciones: Año 2018.

https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=975&ID_CATEGORIA=3&ID_SUBCATEGORIA=7

Kemsawasd, V. I., Inthachat, W., Suttisansanee, U., y Temviriyankul, P. (2022). Road to The Red oad to The Red Carpet of Edible Crickets through Integration into the Human Food Chain with Biofunctions and Sustainability: A Review. *International journal of molecular sciences*, 23(3), 1801. <https://doi.org/10.3390/ijms23031801>

Kousar, S., Ahmed, F., Pervaiz, A, y Bojnec, S. (2021). Food Insecurity, Population Growth, Urbanization and Water Availability: The Role of Government Stability. *Sustainability*, 13(22), 12336 <https://doi.org/10.3390/su132212336>

Laguna Ávila, D., Pupo Feria, C., González Ramírez, G., y Espeek González, A. (2016). Insectos plaga de granos almacenados. Impacto en la seguridad alimentaria del municipio Las Tunas, Cuba. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 23-32. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6216309.pdf>

Lenaerts, B., y Demont, M. (2021). The global burden of chronic and hidden hunger revisited: New panel data evidence spanning 1990-2017. *Global food security*, 28, 100480. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100480>

Lezcano, B., J. A., Saldaña, E., Ruíz, R., y Caballero, S. (2015). Patogenicidad y virulencia del aislado de la cepa nativa de *Isaria* spp. y dos hongos entomopatógenos comerciales. *Ciencia Agropecuaria*, 23, 20-38. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/120>

Medina-Milian, R. M., y Rivas-Flores, A. W. (2020). Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano. *Agrociencia*, 3(16), 81-90. <https://revistaagrociencia.files.wordpress.com/2020/09/art-7-harina-acheta-domesticus.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/).

Ministerio de Economía y Finanzas /Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2008). *Encuesta de niveles de vida*. Panamá. <https://www.inec.gob.pa/Aplicaciones/ENV2008/intro.html>

Mendoza Betancourt, E. O., Vargas Batis, B., Plana Quiala, A., Ramos García, Y. M., Cobas Magdariaga, M., y Martínez González, R. (2021). Diversidad de insectos benéficos asociada a la flora existente en fincas suburbanas en Santiago de Cuba, Cuba. *Revista chilena de entomología*, 47(1), 121-145. <https://dx.doi.org/10.35249/rche.47.1.21.13>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2020). Listas específicas de plagas reglamentadas. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/04/insecto.pdf?csrt=9303708184538472104>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). Cierre Agrícola, Año 2020-2021. Documento de actividades productivas. Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. Veraguas, Panamá. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf>

Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Economía y Finanzas, y Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2019). *Índice de Pobreza Multidimensional de Niños, Niñas y Adolescentes*. Panamá 2018. Panamá. <https://www.unicef.org/panama/media/676/file/Indice%20de%20pobreza%20multidimensional%20de%20ni%C3%B1os,%20ni%C3%B1as%20y%20adolescentes%20en%20Panam%C3%A1.pdf>

Ministerio de Salud. (2018). *II Monitoreo Nutricional de la población que asiste a las instalaciones del MINSA*. Panamá. https://nutricionistaspanama.com/wp-content/uploads/publicaciones/INFORME_MNINUT.pdf

Miñarro, M., García, D., y Martínez-Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>



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

Morell, M. (2006). *Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Panamá*. Taller. Hacia la elaboración de una estrategia de asistencia técnica de la FAO en apoyo a la implementación de la Iniciativa América Latina y el Caribe Sin Hambre. Guatemala, 18 y 19 de octubre de 2006. <http://www.oda-alc.org/documentos/1340501842.pdf>

Ocampo Cadena, J. A. (2020). Percepciones sobre el consumo de insectos como sustituto de las fuentes de proteínas tradicionales en los consumidores hispanohablantes. *Revista Kavilando*, 12(2), 413-428. <https://kavilando.org/revista/index.php/kavilando/issue/archive>

*Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2019). Plan de acción de manejo de la langosta centroamericana. [https://www.oirsa.org/contenido/2020/\(17%20marzo2020\)%20Plan%20de%20accion%CC%81n%20y%20atencio%CC%81n%20de%20brotes%20corregido%202.pdf](https://www.oirsa.org/contenido/2020/(17%20marzo2020)%20Plan%20de%20accion%CC%81n%20y%20atencio%CC%81n%20de%20brotes%20corregido%202.pdf)

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2022). Principales amenazas. <https://www.oirsa.org/informacion.aspx?id=80>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1999). *Cumbre Mundial sobre la Alimentación*. 13-17 de noviembre de 1996 Roma, Italia. <https://www.fao.org/3/x2051s/x2051s00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *La Contribución de los Insectos a la Seguridad Alimentaria, los Medios de Vida y el Medio Ambiente*. <https://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe. La Región alcanza las metas internacionales del hambre*. <https://www.fao.org/3/i4636s/i4636s.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/).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe*. Santiago. <https://www.fao.org/3/CA2127ES/ca2127es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021a). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todos*. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4474es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021b). *Medición de seguridad alimentaria en territorios indígenas - Casos prácticos: El Salvador y Panamá*. Panamá. Retrieved from <https://doi.org/10.4060/cb6138es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021c, abril 30). *Países han iniciado los diálogos nacionales hacia la Cumbre de Sistemas Alimentarios*. Retrieved from <https://www.fao.org/panama/noticias/detail-events/es/c/1397352/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021d). *América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2021: estadísticas y tendencias*. Santiago de Chile: FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7497es>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021e). Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>

Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. (2010). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional*. <https://www.paho.org/es/noticias/3-10-2010-seguridad-alimentaria-nutricional>



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

Portillo Rivera, E. O. (2017). Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domestica*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d1db6147-d9ca-4b38-b87e-12ba235e8720/content>

Poulain, J. P. (2002). Sociologies de l'alimentation : les mangeurs et l'espace social alimentaire. París: PUF. https://catalogue-bu.u-bourgogne.fr/permalink/33UB_INST/1s43pht/alma991002495889706659

Ramírez, R. F., Vargas, P., y Cardenas, O. (2020). La Seguridad Alimentaria: una revisión sistemática con análisis no convencional. *Espacios*, 41(45), 319–328.
<https://revistaespacios.com/a20v41n45/a20v41n45p25.pdf>

Rodríguez, P., Rodríguez, E., Romero, B., y Collantes, R. (2011). Relación de la caída de naranjas (*Citrus sinensis* (L.)) con dos especies de *Leptoglossus* Guérin-Méneville (Hemiptera: Coreidae) en la Región de Azuero, Panamá. *Scientia*, 21(1), 77-87.
<https://revistasvip.up.ac.pa/index.php/scientia/article/view/482>

Sánchez-Rojas, G., Castellanos, I., y Márquez-Vázquez, A. (2011). Sampling necrophagous and predatory insects using different lures in a Mexican pine forest. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), 1037-1040.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000300030&lng=es&tlng=

Tognoni, G. (1997). *Manual de epidemiología comunitaria*.
https://piri.ufro.cl/images/documentos/manual_epidemiologia_comunitaria_1.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/).

Vaca Monteros, J. G. (2020). Evaluación de dietas en la cría y reproducción de grillos (*Acheta domestica* Linnaeus) para la obtención de harina en La Granja Experimental La Pradera Chaltura. Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10548/2/03%20AGP%20272%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Viesca González, F. C., y Romero Contreras, A. T. (2009). La Entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *Revista El Periplo Sustentable*, 16, 57-83. <https://rperiplo.uaemex.mx/article/view/5039>

Viñuela, E., Adan, A., Del Estal, P., Marco, V., y Budia, F. (1993). Plagas de los productos almacenados. Hojas divulgadoras. Núm. 1/93 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 32 p. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_01.pdf

Zachrisson, B. (2005). Manejo de la población de *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Homoptera: Delphacidae), vectora del virus de la hoja blanca del arroz VHBA, por medio de productos de origen orgánico y alomonas. *Tecnociencia*, 7(2), 57-68. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/768>

Zachrisson, B., Valmir, C., y Bernal, J. (2014). Incidencia natural de parasitoides de huevos de *Oeobalus insularis* Stal (Heteroptera: Pentatomidae) en Panamá. *Idesia (Arica)*, 32(2), 119-121. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200016>

AGRADECIMIENTOS

A los directivos del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y de la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS), por impulsar en Panamá estudios asociados a los insectos y a la seguridad alimentaria en beneficio de la población panameña.



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 (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 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^a 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"> • Primera cita • Citas sucesivas 	(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

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

- 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 (7^a) 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

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
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>

