



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 30

PANAMÁ-2020





INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 30

PANAMÁ-2020

AVISO

Se comunica que deben utilizar el formato de citas que se basa en la normativa internacional ASA (American Society of Agronomy).
Adicional de otros cambios incluidos dentro de las normas para autores.

Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
no. 30 (2020). Panamá, PA. Semestral
176 p.
ISSN L 2414-3278
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias

Publicación semestral del Instituto de Investigación 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, Ph.D. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT – Panamá

Editora Asociada

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

Consejo Editorial

Román Gordón -Mendoza, M.Sc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Hilda Lezcano, Ph.D.

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) –
Universidad de Panamá

Axel Villalobos-Córtes, Ph.D.

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

Pedro Guerra-Martínez, M.Sc.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Juan C. Martínez-González, Ph.D.

Universidad Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson, Ph.D.

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

Diseño y Diagramación

Gregoria del C. Hurtado Ch.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

***Revisión y Traducción
de resúmenes***

Eric M. Candanedo-Lay, Ph.D.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- 1-26 **CONDICIÓN CALÓRICA CORPORAL DE CRUCES WAGYU-BRAHMAN EN UN CLIMA DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL, PANAMÁ**
*Pedro Guerra-Martínez; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez;
José Luis Bernal-Rosas; Carlos Iván Martínez-Delgado;
Arístides Augusto Villarreal-Ruíz; María Milagros De Gracia-Victoria;
Olegario Ibarra-Guerra*
-
- 27-44 **ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN TOMATE INDUSTRIAL IDIAP – T7 EN SUELOS DE LA REGIÓN DE AZUERO**
Jorge Alberto Castro-Villarreal; José Ezequiel Villarreal-Núñez
-
- 45-65 **EXTRACCIÓN SECUENCIAL DE METALES PESADOS EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA CUENCA RÍO LA VILLA-PANAMÁ**
*José Ezequiel Villarreal-Núñez; Adolfo Santo-Pineda;
Jhon Alexander Villalaz-Pérez; Neldis Ballesteros*
-
- 66-85 **AVANCES SOBRE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE FRIJOL (Phaseolus sp.) EN PANAMÁ**
Daniel Gabriel Debouck; Emigdio Rodríguez-Quiel
-
- 86-107 **VARIETADES DE FRIJOL POROTO DE GRANO ROSADO BIOFORTIFICADAS PARA PANAMÁ, 2008 – 2018**
*Emigdio Rodríguez-Quiel; Román Gordón-Mendoza;
Francisco González-Guevara; Maika Barría; Liliam Marquínez;
Kasandra Araúz P; Luis Yanguez Q; Ricardo Hernández*
-

108-119 **ANTICUERPOS DE YEMA DE HUEVO Y NÚCLEO PROTEICO EN LA ALIMENTACIÓN DE LECHONES**
*Ana Belly Aguilar-Vásquez; Ramón Florencio García-Castillo;
Jaime Salinas-Chavira; Ramiro López-Trujillo;
Jorge Ramsy Kawas-Garza; Sara Minerva García-Escudé*

120-138 **COLECTA, CONSERVACIÓN, IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y USO DE LA FLORA MEDICINAL DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ**
*Luis Torres-Vargas; Julio Santamaría-Guerra; Víctor Montezuma;
Luis Rodríguez*

139-149 **BIOPROSPECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CEPAS NATIVAS DEL NEMATODO ENTOMOPATÓGENO *Heterorhabditis* EN PANAMÁ**
*Eric M. Candanedo-Lay; Gregorio Aranda-Caballero;
Alici Cabezón-Puchicama; Luisa Daniela Reina-Peña*

NOTAS TÉCNICAS

150-169 **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE TRES GENOTIPOS CRIOLLOS PROMISORIOS DE *Theobroma cacao* L., EN PANAMÁ**
Abiel Gutiérrez

170-176 **NORMAS PARA AUTORES**

CONDICIÓN CALÓRICA CORPORAL DE CRUCES WAGYU-BRAHMAN EN UN CLIMA DEL BOSQUE HÚMEDO TROPICAL, PANAMÁ¹

Pedro Guerra-Martínez²; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez³;

José Luis Bernal-Rosas⁴; Carlos Iván Martínez-Delgado⁵;

Arístides Augusto Villarreal-Ruiz³; María Milagros De Gracia-Victoria⁶;

Olegario Ibarra-Guerra⁷

RESUMEN

Se estudió la condición calórica corporal de cruces Wagyu-Brahman bajo el clima del bosque húmedo tropical, Gualaca. Los meses de nacimiento se agruparon en dos épocas (EP): seca (ESC) y lluviosa (ELL). Los grupos raciales (GR) del padre (GRP) fueron: Wagyu (WG) y Brahman (BRH); los GR de la madre (GRM) fueron: WG25, WG50, WGF1 y CRUCE; los GR de la progenie (GRANI) fueron: WG25, WG50, WG75 y WGF1. Las variables dependientes fueron: temperaturas corporales (TMPC): lomo (TL), cabeza (TC), costilla (TCS), vientre (TV), y frente (TF); grosor de la piel (GP); estado calórico (ECC): capacidad calórica corporal (CCC), sobrecarga calórica corporal (SCP) y presión calórica corporal (PCC) e indicadores de tolerancia calórica (ITC): Prueba Iberia Tolerancia al Calor (PITC), Prueba Tolerancia al Calor de Gaalas (PTCG) y Coeficiente Adaptabilidad de Benezra (CAB). Se utilizó un modelo mixto donde año (YR) y EP(YR) fueron efectos aleatorios, y GRP y GRM(GRP) fueron efectos hijos. Se aplicó análisis de regresión pasando por el origen entre ITH (Índice Temperatura-Humedad) con TMPC. El efecto promedio GRP y GRM(GRP) fueron ($P>0,05$) para TMPC, EEC e ITC. TL ($38,8\pm 0,6^{\circ}\text{C}$), TC ($37,4\pm 0,6^{\circ}\text{C}$), TF ($36,2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) y TV ($35,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) fueron mayores cuando GRP fue WG y GRM fue WGF1. La relación entre ITH y TMPC por GRANI fueron lineales ($P<0,05$). Mayor CCC ($204,9 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C}$) se encontró con GRP, BRH y GRM, WGF1, pero mayor SCC ($430,6 \text{ kcal}$) y PCC ($5,76 \text{ kcal}/\text{kg}^{0,75}$) con GRM, WG50. PITC ($79,5$) y PTCG ($71,4$) fueron mayores con GRP, WG y GRM, WGF1, pero menor CAB con GRP, BRH y GRM, WG50 ($3,11$). La TMPC y ECC e ITC variaron en función del GRP y GRM y las relaciones entre ITH y TMPC fueron lineales desde el origen. Se concluye que todos los GR estuvieron en estrés calórico.

Palabras claves: Estrés calórico, temperatura ambiental, humedad relativa, tolerancia al calor, cruces bovinos.

¹Recepción: 8 de marzo de 2019. Aceptación: 22 de junio de 2019. Aporte del Proyecto de Difusión y Adopción de Tecnologías Generadas por IDIAP en Fincas Familiares Ganaderas en Chiriquí, Veraguas y Los Santos.

²IDIAP. Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega" (EEG-CMO). Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí (CIACH). M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. e-mail: pedroguerram16@gmail.com

³Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. PhD. Nutrición Animal.

⁴IDIAP. EEG-CMO. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. Méd. Vet. Zoot.

⁵IDIAP. EEG-CMO. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. Ing. Agr. Zoot.

⁶IDIAP. EEG-CMO. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. Téc. Parasitología.

⁷IDIAP. EEG-CMO. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. Asistente Investigador.



CALORIC BODY CONDITION OF WAGYU-BRAHMAN CROSSES IN A TROPICAL RAIN FOREST CLIMATE, PANAMA

ABSTRACT

Caloric body condition of Wagyu-Brahman crosses was studied in a tropical rain forest climate, Gualaca. Birth months were grouped in two seasons (EP): dry (ESC) and rainy (ELL). Genetic groups (GR) of sired (GRP) were: Wagyu (WG) and Brahman (BRH); the GR of the dams (GRM) were: WG25, WG50, WGF₁ y CRUCE; GR of progenies (GRANI) were: WG25, WG50, WG75 and WGF1. Dependent variables were: body temperatures (TMPC): loin (TL), head (TC), ribs (TCS), abdomen (TV), and forehead (TF); skin thickness (GP); heat state (ECC), body heat capacity (CCC), body heat overloading (SCP) and body heat pressure (PCC), and heat tolerance indicators (ITC): Iberia heat tolerance test (PITC), Gaalaas heat tolerance test (PTCG) and Benezra adaptability coefficient (CAB). It was utilized a mixed model where year (YR) and EP(YR) were random effects and GRP and GRM(GRP) were fixed effects. It was applied an origin regression analysis between ITH (Temperature-Humidity Index) and TMPC. Average effect GRP and GRM(GRP) were ($P>0,05$) for TMPC, ECC and ITC. TL ($38,8\pm 0,6^{\circ}\text{C}$), TC ($37,4\pm 0,6^{\circ}\text{C}$), TF ($36,2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) and TV ($35,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) were greater when GRP was WG and GRM was WGF1. Relationships between ITH and TMPC for GRANI were linear ($P<0,05$). High CCC ($204,9 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C}$) was found with GRP, BRH and GRM, WGF1, but higher SCC ($403,6 \text{ kcal}$) and PCC ($5,76 \text{ kcal}/\text{kg}^{0,75}$) with GRM, WG50. PITC (79,5) and PTCG (71,4) were greater with GRP, WG and GRM, WGF1, but smaller CAB with GRP, BRH and GRM, WG50 (3,11). TMPC, ECC and ITC varied according to the GRP and GRM, and the relationships between ITH and TMPC were linear from the origin. It was concluded that all GR were heat stressed.

Key words: Heat stress, environmental temperature, relative humidity, heat tolerance, bovine crossbred.

INTRODUCCIÓN

La industria de la carne bovina en Panamá ha estado perdiendo importancia en su participación al Producto Interno Bruto y en la demanda y consumo nacional comparado con la industria avícola y porcina. En parte, se atribuye a que esta industria no ha sido capaz de suplir un tipo de carne basado en las exigencias de los consumidores en términos de alta calidad, buena uniformidad y bajos precios. Los altos precios al consumidor, las fluctuaciones en el precio pagado al ganadero y los altos costos de alimentación y salud del ganado deben forzar a hacerse cambios drásticos en los modelos de producción, incluyendo la genética, y mercadeo. Las acciones se deben enfocar a mejorar la ganadería y sus actores, y darle el rol que se merece en la economía panameña, desarrollando prioridades en el área de exportación como salida a nuestros excedentes de productos



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

bovinos cárnicos no procesados, semi-procesados y procesados. Mejorar la calidad y uniformidad de las carnes bovinas panameñas a través del cruzamiento con razas bovinas especializadas y adaptadas; así como mejorar las técnicas de alimentación permitirá acceder a mercados nacionales e internacionales que mejorarían la eficiencia de los sistemas de producción bovina de carne y ser más competitivo ante las otras carnes (avícola y porcina) nacionales e internacionales.

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) actualmente desarrolla la actividad de Evaluación de Germoplasma Bovino (Guerra et al., 2013; Guerra et al., 2009a) en la que se han probado en cruzamiento razas *Bos taurus* con *Bos indicus* (Brahman) con buenos resultados en características de desarrollo, crecimiento y calidad de la canal y carne. Efectos genéticos raciales aditivos y las interacciones genéticas de dominancia son efectos genéticos responsables de estos comportamientos cuando las condiciones ambientales y mercado son muy favorables de acuerdo con Guerra et al., (2009b); Guerra et al., (2010); Pacheco et al., (2014). La raza Wagyu es una de las razas en evaluación en cruzamiento con *Bos indicus*. Con esta raza y sus cruces, también se han realizado estudios donde se determinaron sus curvas de crecimiento bajo condiciones de pastoreo y en el trópico húmedo del ecosistema de Gualaca Bajo (Guerra et al., 2016).

Los principales factores físicos ambientales que afectan al sistema ganadero incluyen la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica y velocidad del viento (Dash et al., 2016). Estos autores agregan que estos factores ambientales son agrupados para producir estrés calórico en el bovino, el cual es definido como cualquier combinación mayor que el rango de temperatura de la zona termoneutral de los bovinos y que la influencia negativa del estrés calórico puede ser cuantificada a través del Índice de Temperatura-Humedad (ITH). De acuerdo con Alzina-López et al., (2001), la ganadería en las zonas tropicales se ha visto limitada por una serie de factores, entre estos, están las condiciones climatológicas en donde se desarrolla el sistema de producción y como alternativa se plantea reducir los efectos del macroclima⁸ y microclima⁹ a través de sistemas de producción llamados silvo-pastoriles.

⁸ Macroclima son las condiciones climáticas de la región donde se establece la unidad de producción (Bianca, 1965).

⁹ Microclima son las condiciones físicas que rodean al animal dentro de una unidad de producción que incluyen la temperatura ambiental, la humedad y radiación calórica (Bianca, 1965).



La influencia del clima en la producción bovina ha sido reconocida desde hace unas décadas (Johnson, 1987). Los animales hacen frente a estos períodos desfavorables primordialmente a través de modificaciones fisiológicas y de comportamiento. Así, en la mayoría de los casos esta respuesta se manifiesta en cambios de los requerimientos de nutrientes, siendo el agua y la energía los más afectados cuando el ganado se encuentra fuera de la zona termo-neutral (Conrad, 1985; Arias et al., 2008).

Ante los efectos del cambio climático sobre el comportamiento del bovino de baja productividad por cambios fisiológicos termoregulatorios, se requiere tomar acciones para minimizar el estrés calórico producido por alteraciones en la zona termoneutral¹⁰ del animal. Existen varias alternativas disponibles y otras que están en proceso de evaluación para minimizar los efectos del cambio climático. Una alternativa es el uso de razas adaptadas o sistemas de cruzamiento con razas adaptadas y de calidad como herramientas del mejoramiento genético fáciles de implementar.

El Wagyu es una raza *Bos taurus* cuya carne es de muy alta calidad por su marmoleado que le agrega suavidad, sabor y jugosidad, lo que la hace mejor cotizada en el mercado internacional (Guerra, 2015). Esta raza se evalúa en la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP (EEG-CMO), en cruzamiento con la raza Brahman (*Bos indicus*), caracterizada por su alta adaptabilidad a las condiciones del trópico, como una alternativa para mejorar la calidad del producto final y la eficiencia bio-económica y competitividad de nuestros sistemas de producción bovinos de carne; sin embargo, se tiene escasa información sobre la condición calórica corporal de cruces Wagyu-Brahman en diferentes grados de encaste bajo condiciones tropicales de pastoreo.

Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue estudiar la condición calórica corporal de cruces Wagyu-Brahman bajo condiciones del trópico húmedo pre-montano de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP en Chiriquí, Panamá.

¹⁰ Zona termoneutral son los límites de temperatura ambiental dentro del cual, el calor normal generado para mantenimiento y de los procesos productivos están en situación no estresante, no hay problemas en la pérdida de calor y el animal manifiesta al máximo su potencial productivo genéticamente establecido (Johnson, 1987).



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio: El estudio se realizó en la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) localizado en Gualaca, provincia de Chiriquí, República de Panamá, ubicada a 8°39'20" latitud norte y 82°10'10" longitud oeste (WSG84 Zona 17 P 357418,89 m E 940281,66 m N a 90 msnm, Google-Earth, 2019). El clima pertenece al ecosistema Bosque Húmedo Tropical (Biota Panamá, 2019; Holdridge, 1979). La temperatura media anual es de 26°C, la humedad relativa varía de 65,2% a 71,3% en la época seca de 71,3% a 87,9% en la época lluviosa y precipitación anual de 3,500 a 4,000 mm (ETESA, 2018). El suelo es un inceptisol franco arcilloso arenoso con pH 4,5, contenido de materia orgánica de 3,7%, bajo en fósforo (1,6 mg/kg), medio en potasio (0,12 cmol/kg), bajo en calcio y magnesio (0,26 y 0,08 cmol/kg, respectivamente (Pinzón y Montenegro, 2008).

Climatología del área de estudio: Los datos climatológicos históricos promedio de 23 años de la Estación Experimental de Gualaca fueron tomado de la Estación Gualaca II de ETESA (2018) Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperatura Ambiental (TA) Promedio, Humedad Relativa (HR), Velocidad del Viento A 2m (VV), Precipitación (PP) E Índice Temperatura-Humedad del Ecosistema Gualaca Bajo.

| Mes del año | TA (°C) | HR (%) | VV (km/h) | PP (mm) | ITHaj ¹¹ |
|-------------|---------|--------|-----------|---------|---------------------|
| Enero | 26,6 | 71,3 | 4,32 | 34,1 | 69,33 |
| Febrero | 27,4 | 64,0 | 5,40 | 38,9 | 68,31 |
| Marzo | 28,0 | 65,2 | 5,04 | 73,0 | 70,11 |
| Abril | 27,9 | 71,9 | 3,60 | 158,2 | 74,40 |
| Mayo | 27,2 | 82,3 | 2,52 | 533,6 | 77,27 |
| Junio | 26,7 | 85,4 | 1,80 | 472,4 | 78,56 |
| Julio | 26,6 | 85,5 | 1,80 | 458,2 | 78,40 |
| Agosto | 26,6 | 85,6 | 1,80 | 590,6 | 78,42 |
| Septiembre | 26,4 | 86,2 | 1,80 | 608,3 | 78,16 |
| Octubre | 26,1 | 87,9 | 1,80 | 672,0 | 77,36 |
| Noviembre | 26,1 | 84,4 | 1,80 | 460,4 | 77,45 |
| Diciembre | 26,2 | 78,2 | 2,88 | 144,1 | 74,28 |

Fuente: ETESA (2018).

¹¹ NOAA (1976) $ITH=0,8*TA + ((HR/100)*(TA-14,3)) + 46,4$. ITHaj 74<ITHaj<79 es alerta; ITHaj 79<ITHaj<84 es peligro de estrés.

Los límites de la zona termoneutral para los animales *Bos taurus* van de 0° a 25°C y de 10° a 27°C para los animales *Bos indicus* o Cebuínos (Bianca, 1965; Bavera y Berget, 2003; Esquivel-Villalobos, 2012). Bianca (1965) considera aceptable 70% de humedad



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

relativa, siempre y cuando la temperatura ambiental esté dentro de la zona termoneutral. Durante los meses de época seca (enero a marzo) se presentó una la temperatura ambiental por encima del límite superior de temperatura de la zona termoneutral que soportan los *Bos indicus*, pero para los *Bos taurus* todos los meses del año estuvieron por encima de la zona termoneutral, a pesar de que la humedad relativa estuvo por debajo del 70% y la velocidad del viento era mayor (Cuadro 1). Esto es indicativo que durante este período ambas especies de bovinos pudieron estar propensas a un estrés calórico.

Fuente de datos: Desde 2004 el IDIAP inicio una actividad de investigación para evaluar la raza Wagyu (*Bos taurus*) en cruzamiento con el Brahman (*Bos indicus*) de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” enfocado a mejorar la calidad de la canal y carne para suplir la demanda de mercados más exigentes. Los datos provienen de los animales nacidos en el período 2008 a 2014. Los meses de nacimiento se agruparon en dos épocas: época seca (ESC) y época lluviosa (ELL). Así los meses de enero, febrero y marzo se agruparon en ESC y los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre se agruparon en ELL, tomando como límite el nivel de precipitación.

Grupos raciales (GR): Los sementales (GRP) fueron agrupados en Brahman (BRH) y Wagyu (WG). Los grupos raciales de las madres (GRM) fueron: CRUCE (50% *Bos taurus* raza terminal + 25% *Bos taurus* maternal + 25% Brahman), WG25 (25% Wagyu + 75% Brahman); WG50 (50% Wagyu + 25% *Bos taurus* + 25% Brahman); WGF₁ (50% Wagyu + 50% Brahman); WG (100% Wagyu) y BRH (Brahman). Por otra parte, los grupos genéticos del ternero (GRANI) fueron: WG25 (25% Wagyu + 75% Brahman); WG50 (50% Wagyu + 25% *Bos taurus* + 25% Brahman); WG75 (75% Wagyu + 25% Brahman) y WGF₁ (50%Wagyu + 50% Brahman). Este GR, GRANI fue utilizado en el análisis de regresión de las TMPC con el Índice Temperatura-Humedad (ITH).

Base de alimentación: Los animales desde el nacimiento hasta los siete meses de edad estuvieron con las madres. En este período, los terneros al convertirse en rumiantes pastorearon principalmente el pasto *Brachiaria humidicola* con acceso a libre consumo de sal mineralizada. La *Brachiaria humidicola* se manejó en un pastoreo rotacional de 3 a 4 días de pastoreo y 21 a 28 días de descanso. La pastura fue fertilizada a razón de 60, 30



y 20 kg/ha/año de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, de acuerdo a Pinzón y Montenegro (2008). En la época seca los animales en estudio fueron suplementados con ensilado de maíz y caña de azúcar picada (*Saccharum officinarum*) y sal proteinada, los cuales se ajustaron para suplir los requerimientos nutricionales de los animales.

Salud del hato: Los animales se desarrollaron bajo un régimen sanitario que consistió en el control y prevención de endoparásitos y ectoparásitos; además fueron vacunados, en su edad temprana, contra Pierna Negra, Septicemia Hemorrágica y Carbunco Sintomático. También fueron sometidos a tratamientos contra verrugas y ataques de vampiros. La prueba de Leucosis se realizaba anualmente y los animales positivos eran eliminados; además el hato estaba libre de Brucelosis.

Períodos de evaluación: Los animales fueron evaluados en siete fechas tomadas al azar (PER): 13 de junio de 2013; 6 de agosto de 2013; 19 de septiembre de 2013; 4 de febrero de 2014; 6 de mayo de 2014; 21 de julio de 2014 y 16 de diciembre de 2014.

Grosor de la piel (GP): Se utilizó un pie de rey para medir en milímetro la piel doblada a la altura del lomo y luego se dividió entre dos.

Variables dependientes: Para el presente estudio se tomaron en cuenta las siguientes variables dependientes.

a.- Variables del estado calórico corporal externo (ECC): Las variables para medir el estado calórico corporal de los animales (Figura 1) fueron:

a.1.- *Temperatura en el lomo (TL):* es la temperatura (°C) tomada en la capa a la altura de la 12^a costilla.

a.2.- *Temperatura en la cabeza (TC):* es la temperatura (°C) tomada en la capa de la cabeza (entre las dos orejas, al frente de la testuz).

a.3.- *Temperatura en las costillas (TCS):* es la temperatura (°C) tomada en la capa de la parte media de la 12^a costilla.



a.4.- *Temperatura en el vientre (TV)*: es la temperatura (°C) tomada en la capa cerca al ombligo.

a.5.- *Temperatura en la frente (TF)*: es la temperatura (°C) tomada en la capa del centro de la frente.

b.- **Indicadores del estado calórico corporal (ECC)**: con la metodología descrita por Araúz et al., (2010) se estimaron los siguientes indicadores del estado calórico corporal:

b.1.- *Capacidad calórica corporal (CCC)*: es definida por el peso vivo (kg) asumiendo un contenido de agua corporal (65%, calor específico de 1,0 kcal/kg °C) y de materia seca corporal (35%, calor específico de 0,4 kcal/kg °C). Este indicador se expresa en kcal/°C.

$CCC_{kcal/°C} = [(Agua, kg)(1,0, kcal/kg °C)] + [(Materia Seca, kg)(0,4, kcal/kg °C)];$ (Hafez y Dyer, 1972; Curtis, 1983).

b.2.- *Sobrecarga calórica corporal (SCC)*: considera la CCC y la diferencia entre la temperatura rectal alterada y la temperatura rectal eutérmica. Este indicador se expresa en kcal.

$SCC_{kcal} = (T_{Rectal alterada} - T_{Rectal eutérmica}) (CCC_{kcal/°C});$ (Araúz et al., 2010).

b.3.- *Presión calórica corporal (PCC)*: considera la SCC y el peso corporal metabólico (PC kg^{0,75}). Este indicador se expresa en kcal/Kg^{0,75}.

$PCC_{kcal/kg^{0,75}} = (SCC)(1/PC kg^{0,75});$ (Curtis, 1983; Araúz et al., 2010).

c.- **Índices de tolerancia al calor (ITC)**: Singh et al., (2013) recomiendan los siguientes índices de tolerancia al calor para el ganado bovino y búfalos. Estos índices se trabajaron en grados Fahrenheit y luego transformados en grados Celsius.

c.1.- *Índice de la Prueba Iberia de Tolerancia al Calor (PITC)*: el animal se expone al sol por un período no menor de tres horas y se registra la temperatura rectar (TR) y frecuencia respiratoria (FR). Se calcula en grados Fahrenheit (Rhoad, 1944):

$PITC = 100 - 10(TR-101)$



Donde:

101°F es la temperatura promedio del ganado bovino.

Si el valor calculado de la prueba es más cerca de 100 entonces el animal es más tolerante al calor que otros. Cuando dos animales tienen el mismo PITC, el que tiene más alta FR es menos tolerante al calor.

c.2.- *Índice de la Prueba de Tolerancia al Calor de Gaalaas (PTCG)*: es similar al PITC y se calcula mediante la siguiente fórmula en grados Fahrenheit (Gaalaas, 1947):

$$PTCG_{°F} = 100 - 14(TR - 101)$$

Si el valor calculado es muy cercano a 100, el animal es más tolerante al calor.

c.3.- *Coefficiente de Adaptabilidad de Benezra (CAB)*: está basado en la TR y FR después que el animal fue expuesto de 4 a 7 horas al sol (Benezra, 1954).

$$CAB = TR/38,33 + FR/23$$

Donde:

TR es la temperatura rectal en °C.

FR es la frecuencia respiratoria en inspiraciones por minuto.

38,33 es la TR normal del bovino en °C.

23 es la FR normal del bovino.

Un valor calculado de 2,0, muestra una máxima adaptabilidad y valores sobre 2,0 indica un estado de más baja adaptabilidad.

Índice de Temperatura-Humedad (ITH): Este índice se calculó con los datos de la temperatura ambiental (TAMB), medida con un termómetro de bulbo seco y humedad relativa (HR), medida con un higrómetro. Las TAMB y HR se midieron para cada animal al momento de tomar la información corporal relacionada al estudio medir a través de un higrómetro digital con un termómetro integrado. La fórmula de ITH fue tomada de Mader et al., (2005) y Dikman y Hansen (2009) sin ajustarla por la velocidad del viento y radiación solar por no contarse con la información de ETESA (2018).

$$ITH = (0,8 * T_{AMB}) + [(RH/100) * (T_{AMB} - 14,4)] + 46,4$$



Donde:

ITH = índice de temperatura-humedad relativa.

TAMB = temperatura ambiental tomada con termómetro a bulbo seco.

HR = porcentaje de la humedad relativa.



Figura 1. Zonas en el animal para medir Temperatura en la Cabeza (TC), Temperatura en la Frente (TF), Temperatura en el Lomo (TL), Temperatura en el Vientre (TV), Temperatura en las Costillas (TCS).

Análisis de varianza de los datos: La información colectada (TL, TC, TCS, TV, TF, GP, CCC, SCC, PCC, PITC, PTCG y CAB) se analizó mediante un modelo lineal mixto anidado. Este procedimiento está basado en determinaciones probabilísticas máximas o restringidas de modelos lineales estadísticos que contemplan términos fijos y aleatorios. También se consideró ajustar por los “grados de libertad efectivos” con la técnica de Satterthwaite (1946) al considerar que las muestras son independientes pero desigual varianza muestral. Al considerar la alta variabilidad entre algunas variables dependientes, se seleccionó un nivel de alfa menor al 5% ($\alpha \leq 0,05$).

El modelo mixto en el lenguaje de matrices fue el siguiente:

$$\hat{Y} = X\beta + ZU + \varepsilon$$

Donde:

\hat{Y} = vector de respuesta.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

X = diseño de matriz conocida para efectos fijos (GRP, efecto del grupo racial del padre y GRM(GRP), efecto del grupo racial de la madre anidado en el grupo racial del padre).

β = vector de parámetros de efectos fijos desconocidos.

Z = diseño de matriz conocida para efectos aleatorio (YR, efecto del año de nacimiento del animal y EP(YR), efecto de la época (época seca y época lluviosa) anidada en el año de nacimiento del animal).

U = vector de parámetros de efectos aleatorios desconocidos.

ε = vector de errores aleatorios (normal e independientemente distribuidos).

En este modelo estadístico se hizo mayor énfasis en los efectos fijos [GRP y GRM(GRP)]. El efecto del sexo del ternero fue incluido en el análisis, pero al no resultar significativo ($P > 0,05$) fue eliminado.

En este procedimiento para modelos mixtos, se utilizó la opción de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) que invoca la estimación por máxima verosimilitud restringida (Elzo, 1994; Henderson, 1984). REML calcula correctamente los componentes de varianza de los efectos fijos y aleatorios con datos desbalanceados.

Análisis de regresión de los datos: Las variables dependientes relacionadas a las temperaturas corporales e indicadores de tolerancia al calor (TL, TC, TCS, TV, TF, CCC, SCC, PCC, PITC, PTCG y CAB) fueron analizadas mediante la técnica de regresión con el ITH utilizando un modelo lineal de regresión pasando por el origen (Draper y Smith, 1981). Este análisis se realizó por grupo racial (GRANI) del animal.

$$\hat{Y}_{ij} = \beta_i X_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

\hat{Y}_{ij} = es la variable dependiente del j -ésimo animal, del i -ésimo grupo racial.

β_i = es el coeficiente parcial de regresión.

X_i = es la variable independiente ITH o GP (Índice Temperatura-Humedad Relativa o Grosor de la Piel) al momento de tomar la variable dependiente del i -ésimo grupo racial.

ε_{ijk} = es el error aleatorio (NID).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadrados medios del ANOVA muestran que los efectos YR fueron significativos ($P < 0,05$) en TL, altamente significativo ($P < 0,01$) en TC, pero no significativo



($P > 0,05$) en TCS, TV, TF y GP. Sin embargo, EP(YR) fue solamente significativo ($P < 0,05$) en TC. Los coeficientes de variación para las temperaturas fluctuaron de 4,9 a 7,2%, pero en GP alcanzó los 25,2% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios de los efectos aleatorios y fijos para las variables relacionadas a TL, TC, TCS, TV, TF y GP.

| FV | CM | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|---------------------|------|----------------------|-----|---------------------|----------------------|---------------------|-----|---------------------|
| | gln | gld | TL | gld | TC | gld | TCS | TV | TF | gld | GP |
| YR | 6 | | 4,334* | | 4,010** | | 0,961 ^{ns} | 4,589 ^{ns} | 4,144 ^{ns} | | 6,375 ^{ns} |
| EP(YR) | 4 | | 1,731 ^{ns} | | 2,969* | | 1,581 ^{ns} | 2,836 ^{ns} | 6,678 ^{ns} | | 2,292 ^{ns} |
| GRP | 1 | 139 | 8,480 ^{ns} | 129 | 2,950 ^{ns} | 144 | 1,042 ^{ns} | 0,5342 ^{ns} | 4,089 ^{ns} | 138 | 0,748 ^{ns} |
| GRM | 4 | 112 | 7,807 ^{ns} | 74,8 | 6,2210 ^{ns} | 144 | 1,559 ^{ns} | 3,7739 ^{ns} | 6,423 ^{ns} | 129 | 1,448 ^{ns} |
| (GRP) | | | 3,311 | | 3,865 | | 3,128 | | | | 1,614 |
| ERROR | | | | | | | | | | | |
| CV, % | | | 4,9 | | 5,4 | | 5,0 | 6,6 | 7,2 | | 25,2 |

TL=temperatura en el lomo; TC=temperatura en la cabeza; TCS=temperatura en las costillas; TV=temperatura en el vientre; TF=temperatura en la frente; GP=grosor de la piel. YR=año; EP=época del año; GRP=grupo racial del padre; GRM=grupo racial de la madre. CV = Coeficiente de Variación. gln=grados de libertad del numerador; gld=grados de libertad del denominador. ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ns = no significativo.

El efecto de año resultó altamente significativo ($P < 0,01$) en TC y GP, significativo ($P < 0,05$) para TL, pero no significativo ($P > 0,05$) en las demás variables (TCS, TV y TF). Un efecto significativo ($P < 0,05$) se detectó en EP(YR) solamente para TC, no así para las otras variables. Araúz et al., (2010) señalan que, durante la época seca se producen en el bovino alteraciones fisiológicas como el aumento en la producción calórica corporal, frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y en los mecanismos de liberación de calor pasivos tal como sustentan Guerra et al., 2004; Guerra et al., 2008; Guerra, 2012. Ninguno de los efectos fijos de GRP y GRM(GRP) resultaron significativos ($P > 0,05$) en las variables del Cuadro 2, aun con el ajuste de los grados de libertad de acuerdo con Satterthwaite (1946). En otras palabras, no se mostró variabilidad significativa en función del aporte genético de los padres (Brahman *versus* Wagyu), ni entre la variabilidad de hembras bovinas Brahman y sus cruces con Wagyu.

La TL (Cuadro 3) mostró una tendencia no significativa ($P > 0,05$) de un grado (1°C) mayor en el GRP; WG; $0,6^{\circ}\text{C}$ en TC, y $0,6^{\circ}\text{C}$ menor en TCS, aunque esta diferencia no resultó significativa ($P > 0,05$). Por otra parte, cuando el GRP fue BRH, los animales del GRM, WGF₁ presentaron igualmente tendencias no significativas ($P > 0,05$) de $0,6^{\circ}\text{C}$ y $0,2^{\circ}\text{C}$ mayor TL y TC, pero $0,2^{\circ}\text{C}$ menor TCS que los animales WG50.



Cuadro 3. Medias ajustadas por mínimos cuadrado para TL, TC Y TCS por grupo racial del padre y madre del animal.

| Grupo Racial Padre | Grupo Racial de la Madre | MEDIAS AJUSTADAS (\pm EE) ¹ | | |
|--------------------|--------------------------|---|------------------------------|-----------------------------|
| | | TL (°C) | TC (°C) | TCS (°C) |
| BRH | | 36,8 \pm 1,0 ^a | 36,0 \pm 0,9 ^a | 36,3 \pm 0,5 ^a |
| WG | | 37,8 \pm 0,6 ^a | 36,6 \pm 0,5 ^a | 35,9 \pm 0,3 ^a |
| BRH | WG50 | 36,5 \pm 0,9 ^a | 35,9 \pm 1,0 ^a | 36,4 \pm 0,9 ^a |
| BRH | WGF ₁ | 37,1 \pm 0,8 ^a | 36,1 \pm 0,9 ^a | 36,2 \pm 0,8 ^a |
| WG | BRH | 37,2 \pm 0,4 ^b | 35,9 \pm 0,4 ^b | 36,2 \pm 0,4 ^a |
| WG | CRUCE | 37,8 \pm 0,8 ^{ab} | 36,3 \pm 0,6 ^{ab} | 35,5 \pm 0,5 ^a |
| WG | WG50 | 37,3 \pm 0,8 ^b | 36,6 \pm 0,8 ^{ab} | 36,0 \pm 0,8 ^a |
| WG | WGF ₁ | 38,8 \pm 0,6 ^a | 37,4 \pm 0,6 ^a | 36,0 \pm 0,6 ^a |

TL=temperatura en el lomo; TC=temperatura en la cabeza; TCS=temperatura en la costilla. BRH=Brahman, WG=Wagyu, CRUCE=50% *Bos taurus* raza terminal + 25% *Bos taurus* raza maternal + 25% Brahman. WG50=50% Wagyu +25% *Bos taurus* +25% Brahman, WGF₁=50% Wagyu +50% Brahman.

¹Media ajustada con la misma letra entre el grupo racial de padre y entre grupo racial de la madre dentro del grupo racial del padre no difieren entre sí al 5% de probabilidad estadística.

Las mayores TL, TC y TCS se registraron para los animales del GRM WGF₁ y padre WG (38,8 \pm 0,6 y 37,4 \pm 0,6, respectivamente), pero TL solo fue mayor (P<0,05) para la de los animales de padre WG con GRM, BRH y WG50, y estos a su vez no fueron diferentes del GRM, CRUCE. Para la TC se dio un fenómeno similar, cuando los animales del GRM fue WGF₁ y padres WG, mostraron temperaturas superiores (P<0,05) a los del GRM, BRH solamente (Cuadro 3). Animales de GRP, WG los rangos de TL y TC fueron de 37,2 \pm 0,4 a 38,8 \pm 0,6°C y de 35,9 \pm 0,4 a 37,4 \pm 0,6°C cuando el GRM fue WGF₁ en ambas variables. TCS fue mayor (36,2 \pm 0,4°C) en animales del GRP, WG y GRM, BRH, aunque no difirió estadísticamente (P>0,05) de los otros grupos raciales. Con GRP, WG, la TCS osciló de 36,2 \pm 0,4°C (en GRM, BRH) a 35,5 \pm 0,5°C (en GRM, CRUCE).

El efecto de GRP no mostró diferencias significativas sobre las variables TF, TV y GP (P>0,05), ni cuando el GRP fue BRH y el GRM, WG50 y WGF₁, según se muestra en el Cuadro 4. Cuando el GRP fue WG, la mayor TF se encontró en animales cuyas GRM fueron WGF₁ con 36,2°C y solamente difirió estadísticamente (P<0,05) del GRM, BRH (35,1°C).

No hubo efectos significativos (P>0,05) del GRM en la TV y GP cuando el GRP fue WG (Cuadro 4). El rango de TV fue de 34,7 \pm 0,2 en el GRM, BRH a 35,5 \pm 0,5°C en el GRM,



WGF₁, mientras que el rango de GP fue de 4,5±0,6 en el GRM, CRUCE a 5,2±0,7 mm en el GRM, WGF₁.

Cuadro 4. Medias ajustadas por mínimos cuadrado para TF, TV Y GP por grupo racial del padre y madre del animal.

| Grupo Racial Padre | Grupo Racial de la Madre | MEDIAS AJUSTADAS (±EE) ¹ | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | TF (°C) | TV (°C) | GP (mm) |
| BRH | | 35,0±0,7 ^a | 35,2±0,7 ^a | 5,1±0,7 ^a |
| WG | | 35,5±0,3 ^a | 34,9±0,3 ^a | 4,9±0,6 ^a |
| BRH | WG50 | 34,5±1,1 ^a | 34,9±1,0 ^a | 4,8±0,8 ^a |
| BRH | WGF ₁ | 35,6±0,9 ^a | 35,6±0,9 ^a | 5,4±0,7 ^a |
| WG | BRH | 35,1±0,3 ^b | 34,7±0,2 ^a | 4,9±0,6 ^a |
| WG | CRUCE | 35,2±0,6 ^{ab} | 34,1±0,5 ^a | 4,5±0,6 ^a |
| WG | WG50 | 35,6±0,9 ^{ab} | 35,4±0,8 ^a | 5,2±0,7 ^a |
| WG | WGF ₁ | 36,2±0,5 ^a | 35,5±0,5 ^a | 4,8±0,6 ^a |

TF = temperatura en la frente; TV = temperatura en el vientre; GP= grosor de la piel. BRH= Brahman, WG= Wagyu, CRUCE=50% *Bos taurus* raza terminal +25% *Bos taurus* raza maternal +25% Brahman, WG50= 50Wagyu +25% *Bos taurus* +25% Brahman, WGF₁=50% Wagyu + 50% Brahman,

¹Media ajustada con la misma letra entre el grupo racial de padre y entre grupo racial de la madre dentro del grupo racial del padre no difieren entre sí al 5% de probabilidad estadística.

La importancia del GP es señalada por McManus et al., (2010) citado por Esquivel-Villalobos (2012) quienes indican que la capacidad de termorregulación del bovino depende de la interacción entre factores fisiológicos y anatómicos. Entre estos se mencionan: propiedades de la piel y pelo, tasa de sudoración, capacidad respiratoria, aislamiento de tejidos, superficie expuesta por unidad de peso, relación entre perfiles endocrinos y producción de calor metabólico. Otros investigadores como Bavera y Berguet (2003) y Esquivel-Villalobos (2012) sostienen que la convección facilita la pérdida de calor (interno y externo) del animal hacia la atmósfera. Añaden que la sangre moviliza el calor generado por los órganos internos y lo lleva hacia la piel, lugar donde se eliminan. La pérdida de calor externo es facilitada por el movimiento del aire que rodea al animal.

Investigadores como de Souza et al., (2007) utilizaron la variable temperatura superficial como el promedio de las temperaturas tomadas en la frente, pescuezo, costado, lomo, cola, vientre y canilla en el ganado Sindhi con los siguientes resultados: 29,1 y 32,1°C durante la mañana en la época seca *versus* lluviosa (P<0,05) y 31,8 y 33,1°C durante la tarde, comparando las mismas épocas del año (P<0,05). Sin fines de comparaciones directas e independiente de la época del año, en este estudio, los promedios de TL, TC,



TCS TF y TV (temperatura superficial) mostraron un rango de $35,9\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ en animales de GRP, BRH a $36,1\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en animales de GRP, WG. Cuando el GRP fue BRH y los GRM fueron WG50 y WGF₁, el rango varió de $35,6\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ a $36,1\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Por otra parte, con el GRP, WG, el rango cambió de $35,8\pm 0,4$ a $36,8\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ cuando el GRM fue CRUCE y WGF₁, respectivamente. Las cifras de este estudio están muy por encima a las reportadas por de Souza et al., (2007). De acuerdo con la FCV-UNNE (2011), la superficie corporal es uno de los factores que contribuyen a la disipación de calor interno del bovino a través de la radiación y convección. Agregan que el brazuelo¹² es el área del cuerpo del bovino que tiene mayor evaporación, seguido del área de la cruz, paleta, costillar y lomos y de menor evaporación la papada. Sostienen que la intensidad de la evaporación como mecanismo de termorregulación se correlaciona con la densidad y tamaño de las glándulas sudoríparas y que las razas adaptadas son las que poseen estas características.

El bovino tiene una densidad calórica por unidad de masa que varía entre el núcleo corporal y la región epidérmica conocido como homeotermia regional (Araúz et al., 2010). Siendo el núcleo corporal la zona de mayor densidad calórica y el área cercana a la piel contiene la menor temperatura. De allí que los valores TL, TC, TCS, TF y TV poseen menor temperatura que la TR (rango de $39,2\pm 0,2$ a $40,0\pm 0,4^{\circ}\text{C}$) citado por Guerra-Martínez et al., (2019). Brown-Brandl (2018) sostiene que el estrés calórico resulta de un desbalance en la homeostasis de los animales y tiene ambos componentes fisiológicos y termodinámicos. Además, Blaxter (1989) describe el procesos de homeostasis en un animal como $HP - HL = \Delta T_{\text{corporal}} \times c_p \times m$, donde HP es la producción de calor, HL es la pérdida de calor, $\Delta T_{\text{corporal}}$ es el cambio de temperatura corporal ($^{\circ}\text{K}$), c_p es el calor específico de todo el animal (3,47 kjoule o 0,83 kcal/(kg $^{\circ}\text{K}$) y m es la masa del animal (kg).

En este estudio el rango de ITH no ajustado varió de 78 a 87 en la EEG-CMO-IDIAP a 100 msnm. Sin embargo, Araúz et al., (2010) encontraron un rango de ITH no ajustado de 80,0 en Bijao-Volcán (Chiriquí, Panamá) a 1064 msnm de 85,2 en Chiriquí (Chiriquí, Panamá) a 45 msnm.

¹² Brazuelo u osobuco es la parte superior del morcillo delantero (arriba del codo) o garrón. Es el conjunto de piezas de carne que cubren el exterior del húmero o parte de la espaldilla. <https://todocarne.es/brazuelo-parte-de-la-espaldilla> (consultado 15 jul. 2019).



La mayor tasa de cambio en TL por unidad de cambio en ITH se detectó en animales WG50 con $0,468 \pm 0,004^\circ\text{C}$ a medida que aumentaba el ITH, y el menor cambio se registró con animales WG25 con $0,449 \pm 0,004^\circ\text{C}$, aunque entre los GRANI no se detectaron efectos significativos ($P > 0,05$) de acuerdo con las pruebas de homogeneidad de pendientes (Figura 2).

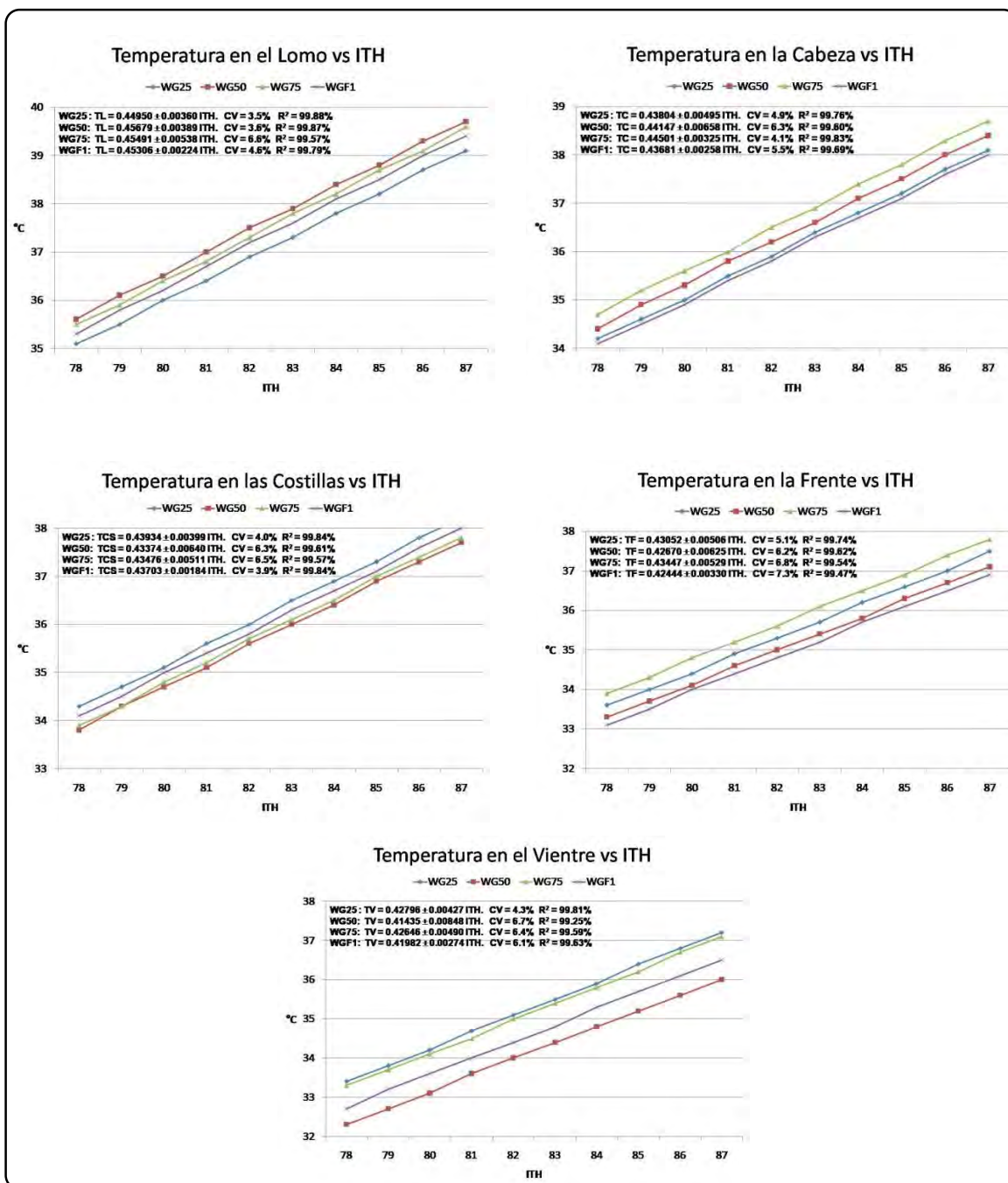


Figura 2. Relación entre las temperaturas del lomo (TL), cabeza (TC), costillas (TCS), frente (TF) y vientre (TV) con el Índice Temperatura-Humedad en los GRANI.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

El mayor cambio de TC por unidad de ITH (Figura 2) se registró en animales WG75 ($0,445\pm 0,003^{\circ}\text{C}$), mientras que el menor cambio se encontró en animales WGF₁ ($0,437\pm 0,003^{\circ}\text{C}$). Por otro lado, los animales WG25 mostraron mayor cambio en TCS por unidad de cambio en ITH ($0,439\pm 0,004^{\circ}\text{C}$) y menor cambio en animales WG50 ($0,434\pm 0,006^{\circ}\text{C}$). Los animales WG75 registraron el mayor cambio en TF por unidad de ITH ($0,435\pm 0,005^{\circ}\text{C}$) y un menor cambio en los animales WGF₁ ($0,424\pm 0,003^{\circ}\text{C}$). Nuevamente, los animales WG25 mostraron mayor cambio en TV por unidad de ITH con $0,428\pm 0,004^{\circ}\text{C}$ y los animales WG50 mostraron el menor cambio ($0,414\pm 0,008^{\circ}\text{C}$). Lo que también muestra la Figura 2 es que en todos los sitios donde se realizaron mediciones de temperatura y fueron relacionadas con el ITH, sus pendientes fueron similares y no significativas ($P>0,05$), lo que indica que todas las temperaturas corporales estudiadas respondieron de acuerdo con las variaciones en el ITH.

Mientras que no existe un GRANI que se mantuvo por encima o por debajo del resto, lo que si se observó es que algunos cambiaron posiciones de las curvas según el área estudiada, pero sus tasas de cambio fueron muy similares (Figura 2).

La temperatura corporal es diferente de acuerdo con el lugar donde se mida y la temperatura ambiental, la cual está correlacionada con el ITH (Blaxter, 1964). También, encontró temperaturas en las siguientes partes del cuerpo: 37,1; 36,5; 37,3; 37,6; 37,7; 38,0 y 38,5°C en cola, pie, pierna, muslo, cruz, pecho y oreja cuando la temperatura ambiental fue 35°C y de 31,5; 29,0; 32,8; 33,1; 34,8; 36,5 y 26,5°C con la temperatura ambiental fue de 20°C (Blaxter, 1964). Mientras que Araúz et al., (2010) sostienen que la alteración positiva de la heterotermia regional conduce al incremento de la temperatura tegumentaria por su relación con una tasa de aumento determinada por su ubicación, actividad metabólica, grado de vascularización, perfusión sanguínea local y distancia con respecto al núcleo térmico corporal.

El efecto de YR resultó altamente significativo ($P<0,01$) en CCC, SCC y PCC, pero no significativo ($P>0,05$) en los indicadores de adaptabilidad (PITC, PTCG y CAB) Cuadro 1. Un efecto altamente significativo ($P<0,01$) se detectó en EP(YR) para CCC, no así para las otras variables del Cuadro 5. Los efectos fijos de GRP y GRM(GRP) no resultaron ser significativos ($P>0,05$) en las variables CCC, SCC y PCC (Cuadro 5), aun



con el ajuste de los grados de libertad de acuerdo con Satterthwaite (1946). Los CV fueron moderados con valores de 18,5%, 29,5% y 26,7%, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrado medio de los efectos aleatorios y fijos para las variables relacionadas a CCC, SCC, PCC, PITC, PTCG y CAB.

| FV | CUADRADOS MEDIOS | | | | | | | | | | |
|----------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------|---------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------|
| | gl _n | gl _d | CCC | gl _d | SCC | gl _d | PCC | gl _d | PITC | PTC G | CAB |
| YR | 6 | | 78274,5 | | 187015, | | 10,91 | | 300,3 ⁿ | 588,6 | 0,627 |
| EP(YR) | 4 | | ** | | 0** | | ** | | s | ns | ns |
| GRP | 1 | 18 | 17682,8 | 142 | 85880,4 | 13 | 9,43 ⁿ | 144 | 257,0 ⁿ | 503,8 | 0,222 |
| GRM(GRP) | 4 | 1 | ** | 137 | ns | 0 | s | 144 | s | ns | ns |
| ERROR | | 18 | 1631,5 ^{ns} | | 14492,4 | 84, | 1,09 ⁿ | | | | 0,014 |
| | | 2 | 1678,5 ^{ns} | | ns | 4 | s | | 20,3 ^{ns} | 39,7 ⁿ | ns |
| | | | 12089,0 | | 37954,2 | | 4,75 ⁿ | | 148,9 ⁿ | s | 0,418 |
| | | | | | ns | | s | | s | 291,8 | ns |
| | | | | | 52388,0 | | 7,16 | | 205,4 | ns | 0,740 |
| | | | | | | | | | | 402,3 | |
| CV, % | | | 49,8 | | 61,4 | | | | 18,5 | 29,5 | 26,7 |
| | | | | | | | 58,6 | | | | |

CCC=capacidad calórica corporal; SCC=sobrecarga calórica corporal; PCC=potencial calórico corporal; PITC=Prueba Iberia de Tolerancia al Calor; PTCG=Prueba de Tolerancia al Calor de Gaalaas (1947); CAB=Coefficiente de Adaptabilidad de Benezra (1954). YR=año; EP=época del año; GRP=grupo racial del padre; GRM=grupo racial de la madre. CV = Coeficiente de Variación. gl_n=grados de libertad del numerador; gl_d=grados de libertad del denominador. ** P<0,01; *P<0,05; ns = no significativo.

El GRP WG mostró una tendencia a menores CCC (5,8%), SCC (12,0%) y PCC (11,7%) con respecto al GRP BRH, pero estas diferencias no resultaron ser significativas desde el punto de vista estadístico (P>0,05). Cuando el GRP fue BRH, los animales del GRM, WGF₁ registraron, sin ser significativos, un 3,7% mayor CCC, un 33,0% menor SCC y un 30,4% menor PCC con respecto al GRM, WG50 (Cuadro 6).

Tomando en cuenta el GRP WG, tampoco se registraron diferencias significativas en CCC y SCC indistintamente del GRM, no obstante se registraron tendencias de mayores niveles de CCC (203,4±36,4 kcal/°C) del GRM, BRH en 7,5, 12,3 y 10,2% a los animales de los grupos CRUCE, WG50 y WGF₁, respectivamente (Cuadro 6). En cuanto a la SCC, la mayor se estimó en GRM CRUCE con 366,7 kcal, superando a GRM como BRH, WG50 y WGF₁ en 2,1; 36,1 y 35,8%, respectivamente, lo que no fue significativo como se indicó anteriormente. Para el caso de PCC, los mayores valores se registraron en GRM CRUCE con 5,06 kcal/kg^{0,75}, seguido por BRH (4,57 kcal/Kg^{0,75}), WG50 (4,09 kcal/kg^{0,75}) y WGF₁ (3,53 kcal/kg^{0,75}).



Cuadro 6. Medias ajustadas por mínimos cuadrado para características de estado calórico por grupo racial del padre y madre del animal.

| Grupo Racial Padre | Grupo Racial de la Madre | MEDIAS AJUSTADAS (\pm EE) ¹ | | |
|--------------------|--------------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|
| | | CCC, kcal/°C | SCC, kcal | PCC, kcal/Kg ^{0,75} |
| BRH | | 201,2 \pm 46,2 ^a | 359,4 \pm 88,6 ^a | 4,88 \pm 0,81 ^a |
| WG | | 189,5 \pm 35,7 ^a | 316,4 \pm 57,0 ^a | 4,31 \pm 0,35 ^a |
| BRH | WG50 | 197,6 \pm 58,5 ^a | 430,6 \pm 121,1 ^a | 5,76 \pm 1,23 ^a |
| BRH | WGF1 | 204,9 \pm 52,6 ^a | 288,3 \pm 108,2 ^a | 4,01 \pm 1,05 ^a |
| WG | BRH | 203,4 \pm 36,4 ^a | 359,1 \pm 58,4 ^a | 4,57 \pm 0,31 ^{ab} |
| WG | CRUCE | 189,2 \pm 40,7 ^a | 366,7 \pm 73,7 ^a | 5,06 \pm 0,65 ^a |
| WG | WG50 | 181,1 \pm 49,9 ^a | 269,4 \pm 99,8 ^a | 4,09 \pm 0,97 ^{ab} |
| WG | WGF1 | 184,5 \pm 39,6 ^a | 270,1 \pm 72,2 ^a | 3,53 \pm 0,58 ^{ab} |

CCC=capacidad calórica corporal; SCC=sobrecarga calórica corporal; PCC=potencial calórico corporal. BRH=Brahman, CRUCE=50% *Bos taurus* raza terminal + 25% *Bos taurus* maternal + 25% Brahman, WG=Wagyu, WG50=50% Wagyu +25% *Bos taurus* + 25% Brahman, WGF₁=50% Wagyu + 50% Brahman.

¹Media ajustada con la misma letra entre el grupo racial de padre y entre grupo racial de la madre dentro del grupo racial del padre difieren entre sí al 5% de probabilidad estadística.

Ni los GRP, ni GRM influyeron en los valores de PITC y PTCG, los cuales estuvieron por debajo del valor de 100 y no resultaron con diferencias significativas ($P>0,05$). Para el caso de PITC y PTCG, el GRP WG tuvo 2,9 y 4,1 más que el BRH, respectivamente. Con el índice CAB, el GRP WG fue 2,5% más alto que el BRH, indicando baja tolerancia al calor al considerar los otros indicadores. Sin embargo, con el GRP WG los valores de PITC y PTCG fueron más cercanos a 100, pero más alejado de 2,00 en el caso del CAB (Cuadro 7).

Cuando el GRP fue BRH, los valores más cercanos a 100 en PITC y PTCG fueron en el GRM, WGF1, pero el CAB fue mucho mayor a 2,00 (Cuadro 7). Esta misma tendencia se observó en el GRM, WGF1 cuyos valores de PITC y PTCG fueron más cercanos a 100, pero el GRM, CRUCE presentó valores mucho más alto en el CAB. La progenie de GRP, BRH y WG, independientemente del GRM resultaron de baja adaptabilidad al ecosistema de Gualaca Bajo en los tres índices utilizados como indicadores de tolerancia al calor.

Estos indicadores de estrés calórico y tolerancia al calor corroboran lo señalado por Curtis (1983) y Young et al., (1989) que el medio ambiente físico influye sobre la tasa de presión calórica ambiental y ésta al mismo tiempo sobre la intensidad del estrés calórico con la consecuencia sobre la alteración de la actividad metabólica en los endotérmicos. Agregan que, al aumentar la presión calórica ambiental, ésta influye sobre la reacción



metabólica, los ajustes cardiovasculares y la termólisis en estrecha relación con el estado fisiológico, la producción leche y/o carne, la sensibilidad térmica y la tolerancia genética al estrés calórico.

Cuadro 7. Medias ajustadas por mínimos cuadrado para características de tolerancia calórica por grupo racial del padre y madre del animal.

| Grupo Racial Padre | Grupo Racial de la Madre | MEDIAS AJUSTADAS (\pm EE) ¹ | | |
|--------------------|--------------------------|---|-----------------------------|------------------------------|
| | | PITC | PTCG | CAB |
| BRH | | 73,8 \pm 4,2 ^a | 63,4 \pm 5,9 ^a | 3,24 \pm 0,25 ^a |
| WG | | 76,7 \pm 1,7 ^a | 67,5 \pm 2,4 ^a | 3,32 \pm 0,10 ^a |
| BRH | WG50 | 70,7 \pm 6,4 ^a | 59,0 \pm 9,1 ^a | 3,11 \pm 0,38 ^a |
| BRH | WGF1 | 76,9 \pm 5,4 ^a | 67,7 \pm 7,6 ^a | 3,37 \pm 0,33 ^a |
| WG | BRH | 76,7 \pm 1,5 ^a | 67,3 \pm 2,1 ^a | 3,17 \pm 0,09 ^a |
| WG | CRUCE | 72,7 \pm 3,4 ^a | 61,8 \pm 4,7 ^a | 5,56 \pm 0,20 ^a |
| WG | WG50 | 78,1 \pm 5,1 ^a | 69,3 \pm 7,1 ^a | 3,28 \pm 0,30 ^a |
| WG | WGF1 | 79,5 \pm 3,0 ^a | 71,4 \pm 4,2 ^a | 3,28 \pm 0,18 ^a |

PITCA=Prueba Iberia de Tolerancia al Calor; PTCG=Prueba de Tolerancia al Calor de Gaalaas (1947); CAB=Coefficiente de Adaptabilidad de Benezra (1954). BRH=Brahman, CRUCE=50% *Bos taurus* raza terminal + 25% *Bos taurus* maternal + 25% Brahman, WG=Wagyu, WG50=50% Wagyu +25% *Bos taurus* + 25% Brahman, WGF1=50% Wagyu + 50% Brahman.

¹Media ajustada con la misma letra entre el grupo racial de padre y entre grupo racial de la madre dentro del grupo racial del padre difieren entre sí al 5% de probabilidad estadística.

Los animales de todos los grupos raciales evaluados se encontraron, en promedio, en estrés calórico lo cual indica que el animal utiliza el proceso circulatorio como el principal mecanismo de liberar calor del núcleo corporal hacia la superficie epidérmica, activando los procesos activos de pérdida calórica como la sudoración, evaporación, jadeo y la respiración forzada como indican Hansen y Arechiga (1999).

CONCLUSIONES

- Las variaciones entre los GRP y de los GRM(GRP) no resultaron ser estadísticamente significativas en las variables TMPC, ECC e ITC.
- Los mayores valores de TMPC se encontraron cuando el GRP fue WG y el GRM fue WGF1, pero con valores intermedios de TCS y GP.
- La tendencia entre ITH con las TMPC fue lineal pasando por el origen.



- Animales del GRP, WG y GRM, CRUCE mostraron mayor SCC y PCC, pero menor PITC y PTCG.
- En general, los resultados de los indicadores de tolerancia al calor mostraron no ser significativos entre los GRP y GRM(GRP), pero se demostró que existe una tendencia en todos los GR estudiados a mostrar estrés calórico, independientemente del YR y EP(YR).

BIBLIOGRAFÍA

- Alzina-López, A., J.C. Farfán-Escalante, E.R. Valencia-Heredia, y J. Yokoyama-Kano. 2001. Condición ambiental y su efecto en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria en bovinos cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) del estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica*. 12:112-121.
- Araúz, E.E., A. Fuentes, y N. Méndez. 2010. Alteración diurna de la carga calórica corporal e interrelación de las temperaturas rectal y láctea en vacas cruzadas (6/8 *Bos taurus* x 2/8 *Bos indicus*) Pardo Suizo y Holstein bajo estrés calórico diurno durante la época seca en el clima tropical húmedo. *REDVET. Revista Electrónica Veterinaria* 11:1-36. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111110/html> (consultado 12 oct. 2018).
- Arias, R.A., T.L. Mader, y P.C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria* 40:7-22.
- Bavera, G., y H. Berguet. 2003. Termorregulación corporal y ambientación. Clima y Ambiente, elementos y factores. <http://www.produccion-animal.com.ar> (consultado 23 ago. 2011).
- Benezra, M.V. 1954. A new index for measuring the adaptability of cattle to tropical conditions. *J. Anim. Sci.* 13:1015-1019.
- Bianca, W. 1965. Review of the progress of dairy science. Cattle in hot environment. *J. Dairy Sci.* 32:291-308.



- Biota Panamá. 2019. Los bosques de Panamá por zonas de vida. Información ecológica de los bosques de Panamá. <https://biota.wordpress.com/2008/02/28/los-bosques-de-panama-por-zona-de-vida/> (consultado 22 jul. 2019).
- Blaxter, K.L. 1989. Energy metabolism in animals and man. Cambridge University Press, Cambridge. UK.
- Blaxter, K.L. 1964. Metabolismo energético de los rumiantes. 1ª Edición. Acribia. Zaragoza, España.
- Brown-Brandl, T.M. 2018. Understanding heat stress in beef cattle. Revista Brasileira de Zootecnia. 47:1-9.
- Conrad, J.H. 1985. Feeding of farm animals in hot and cold environments. In: M.K. Yousef, editor, Stress physiology in livestock. Volume II Ungulates. CRC Press. Boca Raton, FL. p. 235-242.
- Curtis, S.E. 1983. Environmental management in animal agriculture. Iowa state University Press. Ames, Iowa. USA.
- Dash, S., A.K. Chakravarty, K. Sing, A. Upadhysy, M. Sing, and S. Yousuf. 2016. Effect of heat stress on reproductive performance of dairy cattle and buffalo: a review. Veterinary World. 9:235-244.
- Dikman, S., and P.J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? J. Dairy Sci. 92:109-116.
- Draper, N.R., and H. Smith. 1981. Applied regression analysis. 2nd Edition. John Willey and Sons. New York.
- Elzo, M.A. 1994. Restricted maximum likelihood procedures for the estimation of additive and non-additive genetic variances and covariances in multibreed populations. J. Anim. Sci. 72:3055-3065.



Esquivel-Villalobos, C.M. 2012. La raza, el pelo y la piel en función del bienestar animal. Mundo Pecuario. VIII:73-85.

ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica, Sociedad Anónima). 2018. Hidrometeorología. Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. www.hidromet.com.pa/clima_historicos.php (consultado 15 ago. 2018).

FCV-UNNE (Facultad de Ciencias Veterinarias-Universidad Nacional del Nordeste). 2011. Introducción a la producción animal. Unidad 2. Adaptación al ambiente. Tema 1. Adaptación de los animales al ambiente. Posibilidades productivas de los animales. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. 26 p. https://www.academia.edu/37224662/introducción_a_la_Produccion_Animal_-_FCV_-UNNE_UNIDAD_TEMÁTICA_1_ZOOTECNIA (consultado 12 oct. 2018).

Gaalaas, R.F. 1947. A study of heat tolerance in Jersey cows. J. Dairy Sci. 30:79-82.

Google-Earth. 2019. Google-Earth para Windows. <https://google-earth.softonic.com> (consultado 16 jul. 2019).

Guerra, P., J.L. Bernal, S. Caballero, R.A. González, L.A. Carreño, O. Ibarra, y O. Guerra. 2009a. Aprovechamiento de la diversidad genética en los sistemas de cruzamiento terminal de dos y tres razas en un sistema vaca-ternero de Panamá. Boletín Técnico. IDIAP. CIA Occidental, Panamá.

Guerra, P., J.L. Bernal, R.H. De León, L.A. Carreño, y J. Barrios. 2008. Determinación de la tolerancia térmica de novillos Brahman y sus cruces bajo pastoreo en el bosque húmedo tropical. In: IDIAP. III Congreso Científico de Investigación-Innovación. Río Hato, Panamá. p.20. (Resumen).

Guerra, P., J.L. Bernal, R.H. De León, R.A. González, y J. Barrios, J. 2012. Tolerancia al calor de novillas y novillos en pastoreo a las condiciones ambientales del trópico húmedo del sistema de cría y ceba. Boletín Técnico. IDAP. CIA Occidental, Panamá.



- Guerra, P., J.L. Bernal, R.A. González, y S. Caballero. 2009b. Métodos simples de cruzamiento inter-racial para pequeñas y medianas fincas del sistema vaca-ternero y doble propósito bovino de Panamá. Boletín Técnico. IDIAP. CIA Occidental. Panamá.
- Guerra, P., M.S. De Gracia, R.A. Quiel, M.M. De Gracia, e I. Del Cid. 2004. Tolerancia térmica de animales Cebú y sus cruces en sistema de ceba en pastoreo en el bosque húmedo tropical. Gualaca, Panamá. 1999-2004. Ciencia Agropecuaria. 17:75-106.
- Guerra, P., R.A. Quiel, C.I. Martínez, y M.M. De Gracia. 2016. Modelos no-lineales aplicados a datos de crecimiento de bovinos cruzados con Wagyu. Ciencia Agropecuaria. 25:1-21.
- Guerra, P., R.A. Quiel, y A.A. Vargas. 2010. Cruzamiento *Bos taurus* x *Bos indicus* para la producción de carne. Boletín Técnico. IDIAP. CIA Occidental.
- Guerra, P. 2015. Oportunidades de la raza Wagyu en Panamá. Tema presentado en: Conferencias Pecuarias del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Feria de San José de David, Chiriquí, Panamá.
- Guerra, P., J.L. Bernal, S. Caballero, R.A. González, R.H. De León, L.A. Carreño, O. Ibarra, O. Guerra, y R. Ríos. 2013. Evaluación de germoplasma bovino *Bos taurus* en cruzamiento con *Bos indicus* en un sistema vaca-ternero en el ecosistema de Gualaca Bajo, Panamá. Boletín Técnico. IDIAP. CIA Occidental.
- Guerra, P., J.L. Bernal, C.I. Martínez, A.A. Villarreal, M.M. De Gracia, y O. Ibarra. 2019. Comportamiento del desarrollo corporal y constantes fisiológicas de cruces Wagyu-Brahman bajo el trópico húmedo-premontano. Panamá. Ciencia Agropecuaria. (En edición).
- Hafez, E.S.E., e I.A. Dyer. 1972. Desarrollo y nutrición animal. Editorial Acribia. Zaragoza, España.



- Hansen, P.J., and C.F. Arechiga. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* 77(Supplement 2):36-50.
- Henderson, C.R. 1984. Applications of linear models in animal breeding. University of Guelph. Canada.
- Holdridge, L.R. 1979. Life zone ecology. Jimenez Saa, J (Trad). Ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA. Serie: Libros y Materiales Educativos N°34. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). San José, Costa Rica.
- Johnson, H.D. 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production of livestock. In: H.D. Johnson. Editor. Bioclimatology and adaptation of livestock. Elsevier, Amsterdam, Ned. p. 1-31.
- Mader, T., S. Davis, J. Gaughan, and T. Brown-Brandl. 2005. Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index. In: 16th Conference on Biometereology and Aerobiology. Meeting Abstract 6B.3. Vancouver, British Columbia, Canada.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 1976. Livestock hot weather stress. United States Department of Commerce. National Weather Service Central Region. USA. Regional Operation Manual Letters. C-31-76. NOAA, Kansas City, MO.
- Pacheco, P.S., J. Restle, F.N. Vaz, I.L. Brondani, D.C. Alves, M.F. Silvera, and A. Nigeliski. 2014. Additive and non-additive genetic effects, genetic group and breeding system on carcass metric characteristics of steers originated from Charolais x Nellore rotational crossbreeding. *Semina: Ciências Agrárias* 35:3319-3330.
- Pinzón, P., y R. Montenegro. 2008. Potencial de producción de carne en pasturas de *Brachiaria* solas y asociadas con la leguminosa *Arachis pintoi*. 1994-1996. *Ciencia Agropecuaria* 11:129-157.
- Rhoad, A.O. 1944. The Iberia heat tolerance test for cattle. *Trop. Agric.* 21:162-164.



Satterthwaite, F.E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biom. Bull.* 2:110-114.

Singh, S.V., S.S. Beeman, A.K. Singh, and S. Kumar, S. 2013. Heat tolerance indices for cattle and buffalo. In: *Climate Resilient Livestock and Production System*. Chapter 26. p.270-278. Haryana, India. <https://www.researchgate.net/publication/262495543> (consultado 14 ago. 2018).

De Souza, B.B., R.H. Nunes da Silva, M. Louseiro Marinho, G. Silva de Asis, E.M. Nunez da Silva, A. Pereira de Souza. 2007. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerancia ao calor de bovinos da razça Sindi no semi-árido Paraibano. *Ciência Agrotecnica, Lavras* 31:883-888.

Young, B.A., B. Walker, A.E. Dixon, and V.A. Walker. 1989. Physiological adaptation to the environment. *J. Anim. Sci.* 67:2426-2432.



ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN TOMATE INDUSTRIAL IDIAP – T7 EN SUELOS DE LA REGIÓN DE AZUERO¹

Jorge Alberto Castro-Villarreal²; José Ezequiel Villarreal-Núñez³

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la dinámica de absorción de nutrimentos en el cultivo de tomate industrial variedad IDIAP-T7 en tres tipos de suelo según el contenido de arcillas de la región de Azuero, se realizó un ensayo con suelos de tres localidades con historial tomatero. Para ello, se llenaron 288 macetas (96 por tipo de suelo) con cuatro repeticiones por tratamiento, en ellas se sembraron plántulas de tomate de 21 días de germinadas que recibieron el plan de fertilización recomendado a los productores; se realizaron muestreos de tejidos en cada una de las etapas fenológicas de importancia (desarrollo vegetativo, floración, producción y maduración). Se logró determinar la producción de materia seca, el rendimiento del cultivo, la absorción de nutrimentos en cada etapa fenológica, las curvas de absorción para cada nutrimento, el análisis de regresión estableció las ecuaciones y mostró los coeficientes de determinación que van de 70% para la absorción de Fe en suelo con bajo contenido de arcillas, hasta 95% para Mn en suelo con alto contenido de arcillas; también, se determinó la extracción relativa de nutrimentos y se estableció el orden de importancia de los nutrimentos para la variedad y para cada suelo con diferente contenido de arcillas.

Palabras claves: Dinámica de nutrientes, etapa fenológica, coeficiente de determinación, extracción.

¹Recepción: 17 de mayo de 2019. Aceptación: 10 de julio de 2019. Investigación financiada con fondos del proyecto para la investigación e innovación para el manejo integrado del cultivo de tomate industrial en Panamá. Forma parte de la tesis de maestría en Manejo de Suelos y Agua del primer autor, en la Universidad de Panamá.

²Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). M.Sc. Manejo de Suelos y Agua. e-mail: jacastrovilla@gmail.com

³Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Ph.D. Edafología. e-mail: jevilla38@gmail.com



NUTRIENT ABSORPTION OF INDUSTRIAL TOMATO IDIAP-T7 IN SOIL SAMPLES OF THE AZUERO REGION IN PANAMA

ABSTRACT

Whit the aim of determine the dynamics of nutrient absorption in industrial tomato crop IDIAP-T7 using soil samples with three different clay levels of the Azuero region, a trial was carried out with soil samples of three localities with a tomato history. The experiment was done with three treatments and four repetitions. A total of 288 pots were filled with soil samples (96 per each clay level). Tomato planting was at 21 days after germination. The fertilization plan was that recommended to the producer. Tissue sampling was done at each important phenological stage (vegetative development, flowering, production and maturation). As results the experiment had the following achievements: The dry matter production, yield crop, nutrients absorption at each phenological stage, the absorption curves for each nutrient, the equations for analysis, and the coefficients of determination for each curve of absorption; 70% for Fe in soil with low clay content up to 95 % for Mn in soil with high clay content. The relative extraction of nutrients and their order of importance was established for variety and each soil with different clay level.

Key words: Dynamics absorption, phenological stage, coefficient of determination, extraction.

INTRODUCCIÓN

La variedad de tomate industrial IDIAP – T7 se encuentra en el mercado nacional desde 2006, la cual presenta un potencial de rendimiento de $54,5 \pm 9,1 \text{ t ha}^{-1}$ (IDIAP, 2006). Debido a que el tomate se cultiva en una gran variedad de condiciones edafoclimáticas no es posible generalizar sus etapas fenológicas; considerando las condiciones edafoclimáticas de la zona tomatera de Azuero, se define que las etapas fenológicas son las siguientes: Desarrollo vegetativo, floración, producción, maduración, senescencia (Murillo-Guerra et al., 2016).

La producción de tomate industrial en Panamá para el ciclo 2016-2017 fue de 18167 toneladas de tomate fresco, en un área total de 592 ha; lo cual da un rendimiento promedio de $30,8 \text{ t ha}^{-1}$ (FAO, 2018). Para este ciclo productivo se vendieron 4,25 kg de semilla de IDIAP – T7 que corresponden a 18,75 ha cultivadas (Murillo-Guerra et al., 2016).



Los estudios de absorción de nutrientes basados en las etapas fenológicas del cultivo permiten la elaboración de curvas de absorción que son una herramienta para la elaboración de planes de fertilización; a través de estas se puede determinar los momentos de máxima absorción del cultivo a largo de su ciclo de vida para cada nutriente de interés (Bertsch, 2009).

Los nutrientes requeridos por los cultivos se dividen en dos grupos según la cantidad que la planta necesita para un adecuado desarrollo, estos grupos son: los macronutrientes, son elementos requeridos en grandes cantidades para el adecuado desarrollo y producción de las plantas, dentro de este grupo se encuentra: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y azufre (S); el otro grupo son los micronutrientes, los cuales son requeridos por los cultivos en muy pequeñas cantidades, dentro de este grupo se encuentra: manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu) (Kass, 2007).

En Panamá, Núñez (2006) evaluó la dinámica de absorción de macro y micronutrientes en la variedad de tomate L4A en tres suelos con diferente nivel de fertilidad; Barahona (2007), evaluó la dinámica de macro y micronutrientes en el cultivo de tomate CV L-5 bajo condiciones de cubierta plástica, sin embargo falta la evaluación de la dinámica de absorción de nutrientes en suelos con diferente contenido de arcillas representativos de la zona tomatera de Azuero, también falta estudiar la dinámica de absorción de nutrientes de la variedad IDIAP-T7, la cual representa una de las variedades mayormente sembrada para la industria en la región. Por lo que, el objetivo de esta investigación es determinar la dinámica de absorción de nutrientes del cultivo de tomate variedad IDIAP-T7 en tres tipos de suelo de la región de Azuero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica

La fase experimental se desarrolló en las instalaciones del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en La Villa de Los Santos, corregimiento de Los Santos, distrito de Los Santos, provincia de Los Santos, en las coordenadas 7°56'24" de latitud Norte – 80°25'02" de longitud Oeste; a una elevación aproximada de 14 msnm (Cuadro 1).



Selección de suelos

Se realizaron muestreos de suelos en los primeros 30 cm de profundidad, en diferentes parcelas de los distritos de Los Santos y Guararé en la provincia de Los Santos dentro de la “zona tomatera”. A las mismas se les determinó el contenido de arcillas por medio del procedimiento de Bouyoucos; con los resultados de este análisis se procedió a seleccionar tres localidades según su contenido de arcillas (alto, medio y bajo), como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ubicación y contenido de arcillas de los suelos en estudio.

| Origen | Ubicación Geográfica | Ar-Li-Arc % | Contenido de Arcillas |
|--------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------|
| La Espigadilla (Los Santos) | 7°53'06,95" N 80°23'23,19" O | 46 – 14 – 40 (Arcillo Arenoso) | Alto |
| Albina Grande (Guararé) | 7°52'29,04" N 80°18'21,08" O | 54 – 20 – 26 (Franco Arcillo Arenoso) | Intermedio |
| Las Guabas (Los Santos) | 7°48'30,42" N 80°28'49,49" O | 74 – 18 – 8 (Franco Arenoso) | Bajo |

Nota: Ar= arena, Li= limo, Arc= arcilla;

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua – IDIAP (2016).

Los suelos que se seleccionaron para este estudio pertenecen al orden Alfisol, estos suelos poseen acumulaciones de arcillas en el horizonte “B” y fertilidad moderada a alta con alto porcentaje de saturación de bases (Villarreal *et al.*, 2010).

Según Jaramillo (1991), la zona tomatera de la región de Azuero está ubicada en las tierras bajas de la costa pacífica del istmo de Panamá, posee un régimen de humedad ústico y régimen de temperatura isohipertermico. Según las zonas de vida establecidas por Holdridge, la zona está enmarcada en el Bosque Seco Premontano.

Desarrollo de la investigación

La investigación se desarrolló en dos fases separadas, siendo estas: Fase de Campo y Fase de Laboratorio.



Fase de Campo

El ensayo se realizó entre los meses de julio a octubre de 2016, en una casa de vegetación ubicada en las instalaciones de IDIAP en Azuero. Los tratamientos se definieron según el contenido de arcillas de los suelos seleccionados (bajo, intermedio y alto), se utilizaron masetas plásticas de 22,7 kg de capacidad. El ensayo estuvo compuesto de tres tratamientos basados en el contenido porcentual de arcillas (bajo 0 – 20%, medio 20 – 40% y alto >40%), cada tratamiento constó de cuatro repeticiones con 24 masetas cada una. A los tratamientos se les aplicó la fertilización recomendada para el cultivo de tomate industrial ($110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $220 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ y $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$) y riego por sistema de goteo; el cultivo recibió el manejo tradicional, con aplicaciones de fertirriego, control de plagas y enfermedades y podas (IDIAP, 2016). Durante el ciclo de cultivo se realizaron muestreos destructivos de material vegetativo y frutos; estos muestreos se realizaron durante la etapa vegetativa (21 ddt), etapa de floración (35 ddt), etapa de producción (55 ddt) y etapa de maduración (85 ddt) además, se realizaron muestreos para determinar el rendimiento (kg ha^{-1}).

Fase de laboratorio

A las muestras vegetales y de fruto colectadas durante la fase de campo se les determinó el peso húmedo, se secaron a 70° C hasta peso constante, se determinó la materia seca (MS), se molió para realizar análisis de laboratorio para determinar el contenido de nutrientes. El contenido de nutrientes se determinó siguiendo la metodología descrita por Villarreal, Name y Barahona (2015); se realizó una mineralización de los tejidos por vía húmeda donde se obtuvo el extracto base para determinar el contenido de P, Ca, Mg, K, Cu, Mn, Fe y Zn; el fósforo se determinó utilizando el extracto obtenido de la digestión húmeda y se le agregó la solución de molibdato de amonio para que dé el color azul si hay fósforo mediante la formación de ácido fosfomolibdico utilizando espectrofotometría de luz visible, el nitrógeno se determinó siguiendo el método de Kjeldahl, para determinar la concentración de K, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe y Zn se utilizó la absorción atómica de fuente continua.

Análisis estadístico

Se aplicó una regresión potencial a los datos obtenidos para cada nutriente y en cada tipo de suelo para conseguir las ecuaciones ($y=A*x^b$) y el coeficiente de determinación



(R²) que permitirán estimar la demanda nutricional de la variedad en cualquier momento del desarrollo del cultivo.

$$y = A * x^b$$

Donde:

y = absorción de nutrimento (kg ha⁻¹).

A = pendiente de la curva.

b = intercepto de la curva.

x = variable independiente (etapa de crecimiento).

Variables de estudio

Extracción de nutrientes (kg ha⁻¹).

Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹).

Biomasa (t ha⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Biomasa y rendimiento

La producción de biomasa fue similar para los tres tratamientos, se produjo entre 5,4 – 5,9 toneladas de materia seca por hectárea, siendo las plantas cultivadas en el suelo con alto contenido de arcillas las que produjeron más biomasa (Figura 1). Se observó una disminución de la producción de biomasa durante las etapas de floración y producción en el suelo con alto contenido de arcillas, esto se debió a un brote de *Alternaria* sp. que afectó este tratamiento en esta etapa, una vez que se controló, se observó un repunte en la producción de follaje. También, se notó que no se presentó un descenso en la producción de biomasa luego de los 85 ddt, esto se atribuye al tipo de crecimiento de la planta (semi-determinado).



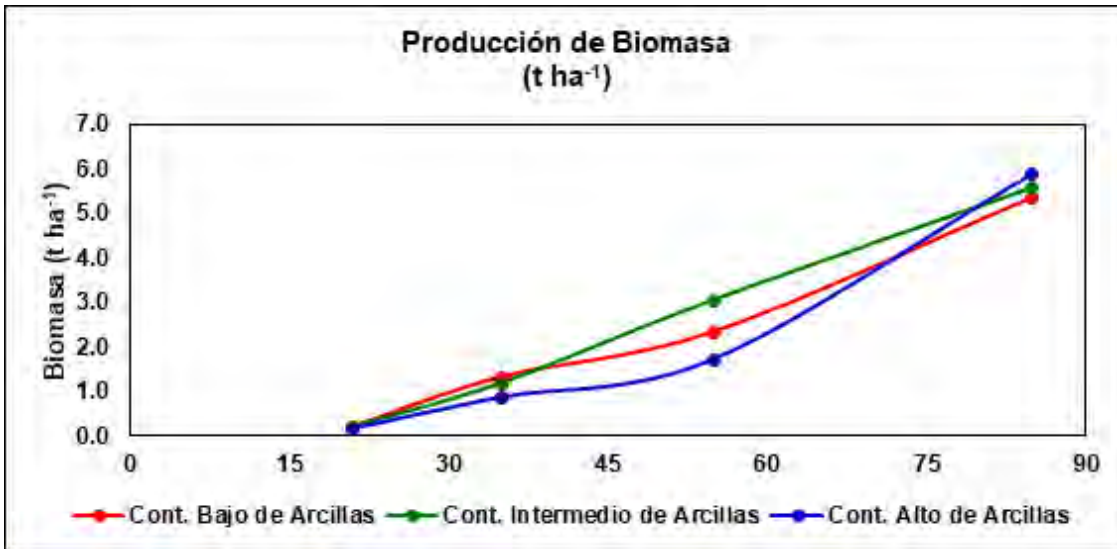


Figura 1. Biomasa total de la variedad IDIAP-T7 en tres tipos de suelo - Los Santos, 2016.

El rendimiento obtenido con la variedad IDIAP-T7 en los tres tipos de suelos va de 53,4 – 56,6 t ha⁻¹ (Figura 2). Según IDIAP (2006), la variedad IT-7 tiene un potencial de rendimiento de 54,5 ± 9,1 t ha⁻¹; lo cual indica que los resultados están dentro del rango de 45,5 t ha⁻¹ a 63,6 t ha⁻¹.

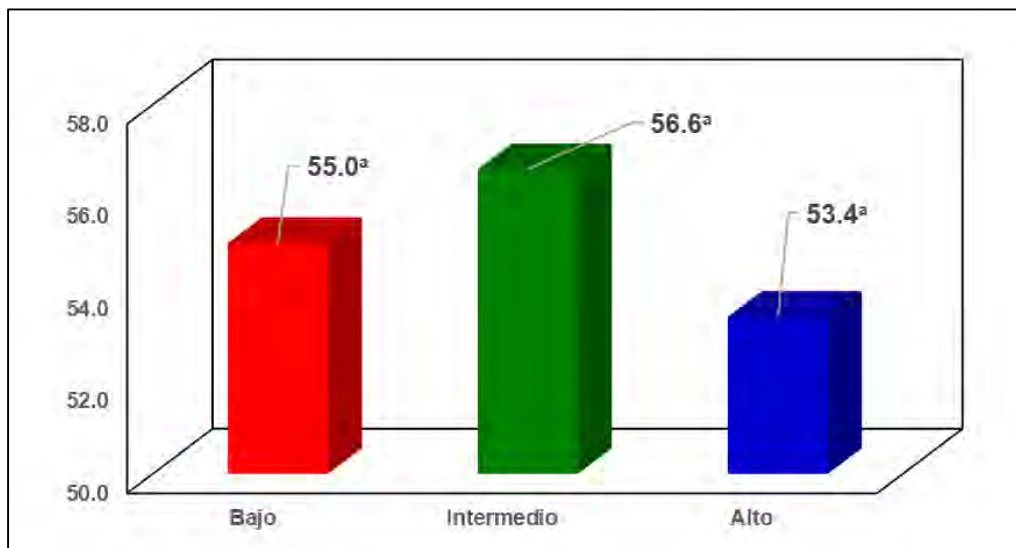


Figura 2. Rendimiento (t ha⁻¹) de la variedad IDIAP-T7 en tres tipos de suelo - Los Santos, 2016.



Se presentó diferencia significativa entre los tratamientos en el micronutriente hierro, donde se determinó que en los suelos con un contenido intermedio de arcillas las plantas de tomate presentaron una mayor absorción de hierro sin evidenciar síntomas de toxicidad por este nutriente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Extracción total (kg ha⁻¹) de nutrientes por la variedad IDIAP-T7 en tres tipos de suelo - Los Santos, 2016.

| Tratamiento (Contenido de Arcillas) | N | P | K | Ca | Mg | Mn | Fe* | Z | Cu |
|---|---|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | Extracción Total (kg ha ⁻¹) | | | | | | | | |
| Bajo | 183,9 ^a | 21,1 ^a | 218,7 ^a | 50,1 ^a | 20,1 ^a | 2,55 ^a | 0,93 ^b | 0,69 ^a | 0,023 ^a |
| Intermedio | 165,3 ^a | 18,9 ^a | 234,4 ^a | 43,2 ^a | 21,0 ^a | 2,39 ^a | 1,77 ^a | 0,86 ^a | 0,044 ^a |
| Alto | 168,7 ^a | 21,2 ^a | 205,4 ^a | 42,0 ^a | 26,4 ^a | 1,74 ^a | 0,99 ^b | 0,65 ^a | 0,041 ^a |
| C.V. (%) | 20,6 | 29,1 | 23,2 | 43,6 | 21,5 | 45,7 | 27,5 | 45,7 | 45,3 |

*: diferencia significativa entre los tratamientos.

Fuente: Castro, JA. (2018).

Curva de absorción de nitrógeno (N)

La absorción de este nutriente no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, se encontró que la mayor absorción se presentó en las plantas cultivadas en el suelo con bajo contenido de arcillas con 183 kg ha⁻¹; mientras que los tratamientos con un contenido intermedio o alto de arcillas presentaron absorciones de 165 kg ha⁻¹ – 170 kg ha⁻¹ (Cuadro 2).

El nitrógeno (N) se clasifica en el grupo de los macronutrientes debido a la importancia que tiene en los diversos procesos fisiológicos de la planta y por la cantidad que el cultivo absorbe, ya que es un componente esencial de la clorofila como unidad básica de la absorción de energía lumínica para los procesos fotosintéticos (Malavolta, 1980).

La absorción de N fue similar en los tres tratamientos. Se determinó que la absorción en las etapas fenológicas del desarrollo vegetativo y la floración se encuentra entre 20% y 35%, mientras que en las etapas de llenado de fruto y maduración la planta absorbe entre 60% y 80% del total extraído durante el ciclo de cultivo.

La absorción de nitrógeno presentó dos picos durante el ciclo de cultivo, durante la floración la planta asimiló entre 15% y 30% del nitrógeno total, el otro pico se presentó en



la etapa de maduración donde la planta tomó más del 50% del nitrógeno total (Cuadro 3). Saravia (2004), reportó que la variedad Alboran presentó dos picos de absorción de nitrógeno durante su ciclo de cultivo, el primero durante la floración y el segundo durante la cosecha.

Cuadro 3. Distribución porcentual de la absorción de nitrógeno por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|--|--|--|
| | Bajo (183,8 kg N ha ⁻¹) | Intermedio (165,4 kg N ha ⁻¹) | Alto (168,7 kg N ha ⁻¹) |
| | ----- % ----- | | |
| Des. Vegetativo | 4,9 | 5,2 | 4,1 |
| Floración | 27,3 | 28,2 | 15,0 |
| Producción | 13,6 | 30,9 | 18,0 |
| Maduración | 54,2 | 35,7 | 62,9 |

Curva de absorción de fósforo (P)

La absorción de este nutriente presentó un comportamiento constante a través de las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Los tres tratamientos mostraron una absorción similar de fósforo, con unos valores comprendidos entre 18 kg ha⁻¹ y 21 kg ha⁻¹.

El fósforo es vital para el crecimiento y la salud de las plantas, dentro de la planta este nutriente básicamente es componente de las funciones estructurales de la planta, además de ser la fuente de energía para los procesos fisiológicos en forma de ADP y ATP, y participa en los procesos de síntesis y degradación de carbohidratos (Kass, 2007).

La movilidad del fósforo en el suelo es muy limitada, por ello, que las plantas se ven limitadas al absorber el que se encuentre próximo a sus raíces. La absorción de fósforo es un proceso dependiente del pH. La mayoría de los suelos en Panamá son deficientes en fósforo, cuando la concentración de fósforo en el suelo es baja la absorción se vuelve activa (contra la gradiente), este tipo de absorción es un proceso que demanda energía, así que los procesos que inhiben la actividad radicular (bajas temperaturas o exceso de agua) afectan la absorción de fósforo (Gordon y Villarreal, 2016).



La absorción por el cultivo a lo largo de las diferentes etapas fenológicas fue en aumento. Las plantas absorbieron el 50% del fósforo en la etapa de maduración y la otra mitad distribuido en las otras etapas en estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Distribución porcentual de la absorción de fósforo por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| | Bajo (21,1 kg P ha ⁻¹) | Intermedio (18,9 kg P ha ⁻¹) | Alto (21,2 kg P ha ⁻¹) |
| | -----% | | |
| Des. Vegetativo | 5,4 | 5,8 | 4,2 |
| Floración | 30,0 | 21,0 | 11,3 |
| Producción | 13,4 | 23,4 | 20,3 |
| Maduración | 51,2 | 49,8 | 64,2 |

Curva de absorción de potasio (K)

El potasio es el nutriente que más demandó el cultivo durante todo su ciclo de cultivo, con valores superiores a los 200 kg ha⁻¹; mostrando que la variedad IDIAP-T7 absorbe entre 3,85 – 4,15 kg K t⁻¹ de fruto cosechado. Estudios realizados en Reino Unido demostraron que el tomate absorbe entre 2,6 – 3,6 Kg K t⁻¹ cosechada (Yara, 2019).

Además, cumple un papel preponderante en la fotosíntesis, es activador de más de sesenta procesos enzimáticos, promueve la síntesis, traslocación y almacenamiento de los carbohidratos, y optimiza la hidratación de los tejidos (Sela, 2017).

La absorción de potasio fue similar en los tres tratamientos a lo largo del ciclo de cultivo; se puede observar que la planta siempre mostró una absorción constante desde la etapa de desarrollo vegetativo hasta el último muestreo en la fase de maduración.

La distribución porcentual de la absorción de K en las cuatro etapas fenológicas estudiadas durante las etapas de producción y maduración es cuando la planta absorbió la mayor cantidad de este nutriente, presentando valores que van desde el 72% en los suelos con bajo contenido de arcillas, 78% en los suelos con contenido intermedio y 86% en los suelos con alto contenido de arcillas (Cuadro 5).



Cuadro 5. Distribución porcentual de la absorción de potasio por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|---|---|---|
| | Bajo (218,66 kg K ha ⁻¹) | Intermedio (234,44 kg K ha ⁻¹) | Alto (205,45 kg K ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 4,2 | 5,0 | 3,7 |
| Floración | 23,7 | 15,8 | 9,7 |
| Producción | 20,0 | 40,4 | 14,6 |
| Maduración | 52,2 | 38,9 | 72,0 |

Curva de absorción de calcio (Ca)

El calcio es un nutriente importante en algunos procesos enzimáticos, en el metabolismo de la absorción de otros nutrientes y en el fortalecimiento de la pared celular. Se pudo observar que en los tratamientos con bajo y alto contenido de arcillas durante la etapa de producción se presentó una pequeña reducción de la absorción de calcio, luego la planta aumento la absorción de este nutriente que no se detuvo hasta la etapa de maduración.

La mayor absorción de calcio se da en la etapa de maduración del tomate, con valores superiores al 70% de la absorción total, siendo el otro 30% absorbido durante las tres etapas fenológicas anteriores (Cuadro 6).

Cuadro 6. Distribución porcentual de la absorción de calcio por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|---|---|---|
| | Bajo (50,14 kg Ca ha ⁻¹) | Intermedio (43,19 kg Ca ha ⁻¹) | Alto (42,04 kg Ca ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 4,1 | 3,7 | 3,9 |
| Floración | 13,1 | 9,5 | 10,9 |
| Producción | 6,8 | 16,1 | 9,7 |
| Maduración | 76,0 | 70,7 | 75,5 |

Curva de absorción de magnesio (Mg)

El comportamiento de la absorción de magnesio a lo largo del ciclo de cultivo de la variedad IDIAP-T7 en los tres suelos. Se observó que las plantas cultivadas en los suelos con alto y bajo contenido de arcillas presentaron un esquema de absorción muy similar, en el cual durante el periodo comprendido entre 35 y 55 días de cultivo se presentó una



estabilización de la absorción de este nutriente; posterior a esta, las plantas incrementaron su absorción de forma sostenida hasta la etapa de maduración.

La distribución porcentual de la absorción total de magnesio en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, mostrando que entre la etapa de producción y maduración en los tres tratamientos las plantas absorben más del 70% del Mg total (Cuadro 7).

Cuadro 7. Distribución porcentual de la absorción de magnesio por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|---|---|---|
| | Bajo (20,08 kg Mg ha ⁻¹) | Intermedio (21,04 kg Mg ha ⁻¹) | Alto (26,45 kg Mg ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 11,7 | 10,9 | 5,6 |
| Floración | 10,9 | 11,6 | 7,9 |
| Producción | 0,90 | 23,2 | 8,7 |
| Maduración | 76,5 | 54,2 | 77,8 |

Curva de absorción de manganeso (Mn)

El manganeso interviene en proceso muy importantes dentro de la planta, como lo son: respiración, liberación O₂ en la fotólisis del agua y activador del ciclo de Krebs. Las plantas cultivadas en suelo con un contenido intermedio de arcillas presentaron ligeramente una mayor absorción de manganeso durante todo el ciclo de cultivo. Por otro lado, en el tratamiento con contenido alto de arcillas la absorción presentó una diferencia de 1,0 kg ha⁻¹ menos que las plantas cultivadas en el tratamiento con bajo contenido de arcillas.

La distribución porcentual de la absorción de manganeso a lo largo del ciclo de cultivo en sus diferentes etapas fenológicas. Se observó que más del 80% de este nutriente se absorbió durante las etapas de producción y maduración, lo cual es un indicativo de cuando la planta requiere en mayor cantidad este nutriente (Cuadro 8).



Cuadro 8. Distribución porcentual de la absorción de manganeso por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|--|--|--|
| | Bajo (2,55 kg Mn ha ⁻¹) | Intermedio (2,39 kg Mn ha ⁻¹) | Alto (1,74 kg Mn ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 0,50 | 1,3 | 0,70 |
| Floración | 7,8 | 11,7 | 6,6 |
| Producción | 15,2 | 36,0 | 24,8 |
| Maduración | 76,5 | 51,0 | 67,9 |

Curva de absorción de hierro (Fe)

El comportamiento de la absorción de hierro en los diferentes tratamientos, se constató que el tratamiento con contenido intermedio de arcillas fue el que presentó la mayor absorción de hierro por parte de las plantas; es importante mencionar que no se presentaron patologías visuales de toxicidad por hierro. En cuanto a los tratamientos con bajo y alto contenido de arcillas, presentaron un comportamiento similar en cuanto a la absorción de este nutriente.

La mayor absorción de hierro se presenta durante la etapa de floración seguida por otro pico de absorción en fase de maduración del cultivo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Distribución porcentual de la absorción de hierro por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|--|---|---|
| | Cont. Bajo (0,93 kg Fe ha ⁻¹) | Cont. Intermedio (1,77 Fe ha ⁻¹) | Cont. Alto (0,99 Fe ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 8,3 | 8,5 | 9,2 |
| Floración | 42,2 | 51,4 | 52,0 |
| Producción | 10,2 | 8,5 | 25,5 |
| Maduración | 39,3 | 31,6 | 14,3 |

Curva de absorción de zinc (Zn)

Durante las etapas fenológicas del desarrollo vegetativo y floración, la absorción de zinc fue similar entre los tres tratamientos, posterior a esto se observó que las plantas cultivadas en el tratamiento con contenido intermedio de arcillas incrementaron su absorción, mientras que las cultivadas en los otros dos tratamientos continuaron presentando un comportamiento similar en la absorción del nutriente.



De la absorción total de zinc por parte de las plantas de tomate se determinó que el 80% se absorbe entre las etapas de producción y maduración (Cuadro 10).

Cuadro 10. Distribución porcentual de la absorción de zinc por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|--|--|--|
| | Bajo (0,69 kg Zn ha ⁻¹) | Intermedio (0,86 kg Zn ha ⁻¹) | Alto (0,65 kg Zn ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 2,3 | 2,2 | 2,3 |
| Floración | 17,5 | 14,8 | 8,7 |
| Producción | 39,7 | 27,7 | 32,8 |
| Maduración | 40,5 | 55,2 | 56,2 |

Curva de absorción de cobre (Cu)

Durante las primeras etapas fenológicas, el comportamiento de la absorción fue similar entre los tres tratamientos, la diferenciación entre estos se produjo después de los 50 ddt. También se logró determinar que durante las etapas de producción y maduración es cuando las plantas absorben el 80% de total de cobre, el 20% restante se distribuye entre las etapas del desarrollo vegetativo y floración, respectivamente (Cuadro 11). Saravia (2004), reporta que la variedad de tomate Alboran absorber el 86% del total de Cu requerido durante el ciclo de cultivo en la etapa de maduración.

Cuadro 11. Distribución porcentual de la absorción de cobre por etapa fenológica por cada tratamiento - Los Santos, 2016.

| Etapa Fenológica | Contenido de arcilla | | |
|------------------------|---|---|---|
| | Bajo (0,023 kg Cu ha ⁻¹) | Intermedio (0,044 kg Cu ha ⁻¹) | Alto (0,041 kg Cu ha ⁻¹) |
| | -----%----- | | |
| Des. Vegetativo | 5,2 | 4,5 | 4,9 |
| Floración | 12,2 | 13,6 | 14,6 |
| Producción | 30,4 | 38,6 | 19,5 |
| Maduración | 52,2 | 43,2 | 61,0 |

Extracción relativa de nutrientes

La extracción relativa es una representación de la distribución de los nutrientes absorbidos por la planta dentro de sus diferentes tejidos (raíces, follaje y frutos), esta es una herramienta que permitirá la toma de decisiones a la hora de diseñar planes de fertilización y el manejo de los campos de cultivo.



La distribución porcentual en los tejidos de la planta de la absorción total, permite observar el orden de importancia de cada nutriente en los diferentes tejidos basado en la cantidad que se almacena en ellos; en el sistema radicular el orden de importancia es el siguiente: $Fe > Cu > Mg > Mn > Zn > N > Ca > P > K$; en los tejidos foliares se observó que los niveles de importancia es el siguiente: $Ca > Mn > Mg > Zn > Cu > N > K > P > Fe$, y para los frutos los niveles de importancia fueron los siguientes: $P > K > N > Zn > Fe > Mg > Ca > Mn > Cu$ (Figura 3).

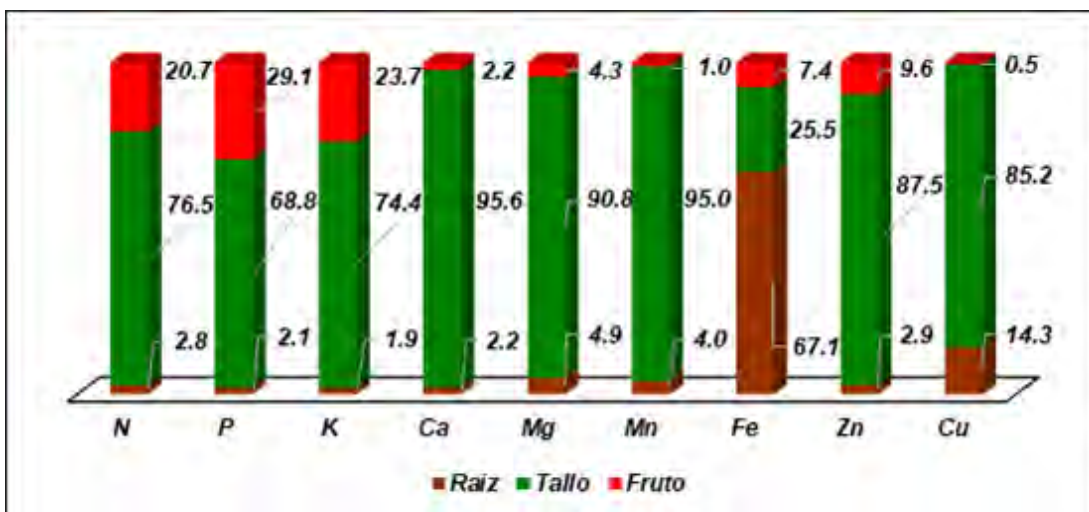


Figura 3. Extracción relativa de la variedad IDIAP-T7 en las diferentes partes de la planta, promedio de los tratamientos - Los Santos, 2016.

Los niveles de importancia de los nutrientes basado en la absorción total (kg ha^{-1}) para las plantas cultivadas en un suelo con bajo contenido de arcillas es el siguiente: $K > N > Ca > P > Mg > Mn > Fe > Zn > Cu$; para las cultivadas en un suelo con contenido intermedio de arcillas: $K > N > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$, y para las cultivadas en un suelo con alto contenido de arcillas: $K > N > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu$.

CONCLUSIONES

- El contenido de arcillas es un factor que debe tomar en cuenta al momento de seleccionar un suelo para cultivo. Suelos con alto contenido de arcillas poseen la capacidad de almacenar mayor cantidad de agua y de compactarse, lo cual puede



afectar el desarrollo del sistema radicular, y por ende la adecuada absorción de nutrientes.

- El análisis de la absorción relativa permitió saber que dependiendo de que tejido de la planta se esté estudiando la cantidad porcentual de los nutrientes absorbidos varia. En los tejidos radiculares demandan el 70% del Fe total absorbido, los tejidos foliares absorben más del 90% del total del Ca, Mg y Mn y los frutos requieren el 30% del P absorbido.
- La cantidad de cada nutriente que es absorbido por los diferentes tejidos de la planta permite conocer cuánto de cada nutriente sale del campo en forma de cosecha y cuanto se queda en forma de rastrojo y puede ser reciclado. Además, permite saber los principales nutrientes que requiere la variedad, cuando aplicar los nutrientes requeridos y la época de mayor demanda por cada tejido.

BIBLIOGRAFÍA

- Barahona, L.A. 2007. Determinación de la dinámica de los macro y micronutrientes en el cultivo de tomate CV-L-5 (*Lycopersicon esculentum* MILL) para una eficiente y oportuna fertilización bajo condiciones de cobertura plástica. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad de Panamá. Las Tablas, Panamá.
- Bertsch, F. 2009. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- Castro, J.A. 2018. Curvas de absorción de nutrimentos como estrategia para el manejo sostenible y eficiente de la fertilización del tomate industrial en Azuero. Tesis MSc. Universidad de Panamá. Las Tablas, Panamá.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. FAOSTAT Estadísticas de la producción de tomate fresco hasta el 2013. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (consultado 6 ene. 2018).



- Gordon, R., y J. Villarreal. 2016. Manejo de la fertilización fosfatada en el cultivo de maíz, El Ejido, Panamá 2004 – 2013. *Agron. Mesoam.* 27(1):95-108.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 2006. Tríptico informativo sobre la variedad de tomate IDIAP T-7. IDIAP. Panamá. 1 p.
- Jaramillo, S. 1991. Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP. Boletín Técnico N° 38. IDIAP. Panamá.
- Kass, D. 2007. Fertilidad de Suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUMED). San José, Costa Rica.
- Malavolta, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. Ceres. São Paulo, Brasil.
- Murillo-Guerra, J.A., J.E. Villarreal-Núñez, J.A. Herrera-Vásquez, V. Aguilera y O. Osorio. 2016. Manual técnico - Manejo integrado del cultivo de tomate industrial. IDIAP. Panamá.
- Núñez, J.I. 2006. Determinación de la dinámica de absorción de los macro y micro nutrientes, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* MILL) var. L-4^a cultivado en tres suelos de la región de Azuero con diferentes niveles de fertilidad bajo condiciones de plasticultura. Tesis de Ingeniería Agronómica. Universidad de Panamá. Las Tablas, Panamá.
- Saravia, F.M. 2004. Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Alboran bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras. Zamorano, Honduras.
- Sela, G. 2017. La absorción del calcio y su movilidad en la planta. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/calcium-in-plants> (consultado 12 ene. 2018).
- Villarreal, J.; B. Name, y L. Barahona. 2015. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá.



Villarreal, J., Agudo, L, y Villalaz, J. 2010. Clasificación de suelos de Panamá y sus equivalencias. https://www.researchgate.net/publication/301291244_CLASIFICACION_DE_SUELOS_DE_PANAMA_Y_SUS_EQUIVALENCIAS_2010_1 (consultado 8 ene. 2018).

Yara (Yara Internacional ASA, Knowledge grows). 2019. Función del potasio en la producción de tomate. <https://www.yara.cl/nutricion-vegetal/tomate/funcion-del-potasio-en-la-produccion-de-tomate/> (consultado 18 jul. 2019).



EXTRACCIÓN SECUENCIAL DE METALES PESADOS EN SUELOS Y SEDIMENTOS DE LA CUENCA RÍO LA VILLA-PANAMÁ¹

José Ezequiel Villarreal-Núñez²; Adolfo Santo-Pineda³;

Jhon Alexander Villalaz-Pérez⁴; Neldis Ballesteros⁵

RESUMEN

Con el objetivo de determinar, a través de procedimientos de extracción secuencial, la concentración de metales pesados en sus diferentes fases en suelos y sedimentos bajo actividad agropecuaria intensiva dentro de la cuenca del río La Villa. Se tomaron 41 muestras de suelo y sedimentos en la época lluviosa del año 2016 (abril-diciembre) y la época seca de 2017 (enero-marzo). Se midió el contenido total de Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb y As y se realizó su especiación según la metodología de Keller y Védý. Se elaboraron gráficas de barras y se compararon los promedios de cada fracción por medio de la prueba de t de Student. En el suelo se encontró niveles de Cu y en los sedimentos Cu, Cr y As por encima de los niveles permitidos por la norma de la Unión Europea. Cd, Pb y As mostraron elevados porcentajes en las fracciones soluble en agua e intercambiable, siendo estas biodisponibles y por tanto ofrecen mayor riesgo ambiental. Cd, Pb y As por medio de la prueba t de Student mostraron probabilidades estadísticamente significativas de que sus niveles sean mayores que la media en el futuro. Se atribuye la presencia de estos metales pesados en suelos y sedimentos de la cuenca del río La Villa a la acción antropogénica.

Palabras claves: Contaminación, especiación, extracción secuencial, riesgo ambiental, toxicidad.

¹Recepción: 13 de febrero de 2019. Aceptación: 13 de julio de 2019. Proyecto financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Tesis de maestría en ciencias agrícolas con énfasis en manejo de suelo y agua de la Universidad de Panamá.

²IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Divisa (CIA-Divisa). Vía Interamericana s/n, Divisa, Santa María, provincia de Herrera, Panamá. Ph.D. Edafología. e-mail: jevilla38@gmail.com

³Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Los Santos. Las Tablas, provincia de Los Santos, Panamá. Ing. Forestal. Tesista, maestría en manejo de suelo y agua. e-mail: asantospineda@gmail.com

⁴IDIAP. CIA-Divisa. Vía Interamericana s/n, Divisa, Santa María, provincia de Herrera, Panamá. M.Sc. Manejo de Suelo y Agua. e-mail: jvillalaz14@gmail.com

⁵Universidad Católica Santa María La Antigua-Sede Azuero. Chitré, provincia de Herrera. Estudiante de licenciatura en recursos naturales. e-mail: elinel2121@hotmail.com



EXTRACTION OF HEAVY METALS IN SOILS AND SEDIMENTS OF LA VILLA RIVER BASIN IN PANAMA

ABSTRACT

With the objective of determining, through sequential extraction procedures, the concentration of heavy metals in its different phases in soils and sediments under intensive agricultural activity within the basin of the La Villa river. 41 Samples of soil and sediments were taken in the rainy season of 2016 (April-December) and the dry season of 2017 (January-March). The total content of Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb and As was measured and speciation was performed according to the Keller and Védy methodology. Bar graphs were prepared, and the averages of each fraction were compared by means of the Student's t test. In the soil Cu levels were found and in the sediments Cu, Cr and As above the levels allowed by the European Union standard. Cd, Pb and As showed high percentages in the fractions soluble in water and interchangeable, being these bioavailable and therefore offer greater environmental risk. Cd, Pb and As through Student's t test showed statistically significant probabilities that their levels are higher than the average in the future. The presence of these heavy metals is attributed to anthropogenic action in soils and sediments of the La Villa river basin.

Key words: Environmental risk, pollution, sequential extraction, speciation, toxicity.

INTRODUCCIÓN

La meteorización química y mecánica de las rocas y la influencia de ciertos procesos microbiológicos producen el suelo. La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones. Por el contrario, los antropogénicos se producen por los residuos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, entre otros y de los residuos sólidos urbanos (Galán y Romero, 2008).

Las cantidades totales no representan una medida adecuada de la potencial toxicidad de un determinado metal, su especiación química va a brindar elementos no solo en su disponibilidad sino también en su grado de toxicidad. Los metales pesados pueden estar disueltos en fases solubles en la solución del suelo, adsorbidos a los sitios de intercambio, asociados a la materia orgánica, precipitados como óxidos, hidróxidos y



carbonatos y la fracción residual formando parte de la estructura de los minerales silicatados (menos riesgo de contaminación). Las fracciones solubles y adsorbidas son fácilmente asimilables por las plantas (Keller y Védy, 1994).

La movilidad de un metal depende no sólo de su especiación química, sino de una serie de parámetros del suelo tales como pH, materia orgánica, carbonatos, minerales de la arcilla, etc. Así, no todos los cationes de cambio están igualmente disponibles, sino que depende del mineral o minerales de los que están formando parte como complejo de cambio (González et al., 2008).

La metodología de Keller y Védy (1994) fue desarrollada a partir de la unión de los métodos de Tessier y Shuman (LA y Barra, 2003). Su ventaja es que subdividió la fracción de los metales asociados a óxidos en dos grupos: unidos a óxidos de manganeso y a óxidos de hierro.

Se han realizado diversos estudios en diferentes países para la extracción secuencial de los metales pesados producto de la actividad antropogénica en suelos agrícolas (Matthews y Kakulu, 2012; Rueda et al., 2011; Robledo et al., 2010).

En suelos ácidos de Paty do Alferes, Estado de Rio de Janeiro, Brasil, donde se practica una agricultura intensiva (Villarreal et al., 2006 y 1999), encontraron que gran cantidad de los metales pesados presentes en el suelo provenía de aplicaciones antropogénicas por medio de agroquímicos, fertilizantes fosfatados y abonos orgánicos procedentes de la cría de animales. Igualmente, determinaron que la pérdida de la capa fértil del suelo, por la mala preparación de los mismos, podía servir como medio para diseminar los altos niveles de los metales disueltos en fases acuosas contaminando las aguas superficiales y los suelos de las partes bajas con los sedimentos provenientes de las partes altas contaminadas.

El presente estudio se realizó en zonas donde se desarrolla una gran actividad agropecuaria. En estas tierras históricamente se ha desarrollado la producción de maíz, tomates, caña de azúcar, melones, sandías, ajíes, pastos y ganadería de carne y leche.



Son tierras sometidas a un uso intensivo de agroquímicos e influenciadas por descargas de subproductos de empresas agroindustriales ubicadas dentro de la cuenca.

El objetivo del estudio fue determinar, a través de procedimientos de extracción secuencial, la concentración de metales pesados en sus diferentes fases en suelos y sedimentos bajo actividad agropecuaria intensiva dentro de la cuenca del río La Villa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un monitoreo completamente al azar de la concentración de metales pesados en suelos y sedimentos ubicados en la cuenca alta, media y baja del río La Villa. Esta cuenca tiene una superficie de 1157,5 Km² (645,8 Km² en la provincia de Herrera y 511,7 Km² en la provincia de Los Santos). Se ubica entre los 7°30'10'' y 8°0'22'' de latitud norte y entre 80°12'35'' y 80°50'15'' de longitud oeste.

En su mayoría está compuesta por suelos del orden alfisol e inceptisol (ANAM, 2008; Villarreal et al., 2017) formados en el cretáceo superior, inicialmente cubierto por material volcánico intermedio, volcánico básico y tobas (Ruíz, 1982).

En la cuenca alta tiene una precipitación promedio de 2200 mm y en su parte baja unos 1054 mm anuales, está última forma parte del llamado Arco Seco de Panamá, en la vertiente del Pacífico en la península de Azuero. Su temperatura promedio anual oscila en torno de 27° a 28°C (ANAM, 2008).

Se realizaron muestreos de suelos en fincas productivas para determinar la concentración de metales pesados (Cd, Ni, Cu, Zn, Pb, As y Cr) en la época lluviosa (10 muestras de suelo y 11 de sedimentos de abril a diciembre de 2016) y en época seca (9 muestras de suelo y 11 de sedimentos de enero a marzo de 2017), utilizando el método sistemático o de rejilla que consiste en seleccionar puntos de muestreos a distancias uniformes (en zig-zag, diagonal o cuadrícula), dependiendo del área que se esté estudiando. Por lo general, este es el método utilizado en programas de monitoreo ya que permite la toma de muestras más representativas (SEMARNAT, 2010).



La definición de las metodologías de muestreo fue decidida por la topografía, actividad principal, clima y tipo de suelo, por lo cual se procuró seleccionar un área preferentemente rectangular de aproximadamente 10,0 m x 30,0 m, sobre el cual se realizó la toma de las submuestras con un número de 15 en cada rejilla, aproximadamente 100,0 g cada una, a 30,0 cm de profundidad. Posteriormente, fueron homogeneizadas para que dicho muestreo ofreciera resultados representativos para la descripción del sitio. En cada sitio se tomaron cuatro réplicas de cada muestra.

La mejor época del muestreo se decidió tomando en cuenta la tecnología empleada por el productor. Uso agropecuario sin riego: para cultivos anuales en la época de cosecha, cuando se han acumulado los contaminantes químicos utilizados durante el periodo de desarrollo del cultivo. En el caso de los cultivos de agroexportación bajo riego, generalmente ocurre en la temporada seca.

Cada sitio muestreado fue georreferenciado utilizando un GPS para determinar su localización exacta.

La digestión de los suelos y sedimentos para determinar la concentración de metales pesados (As, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn y Cd) se realizó de acuerdo con el método 3050B (USEPA, 1996). Se determinó en un espectrómetro de absorción atómica de llama con fuente continua de Xenón.

La ubicación geográfica de donde fueron tomadas las muestras de suelo en época lluviosa y seca, se observan en la Figura 1 y los Cuadros 1 y 2, respectivamente.



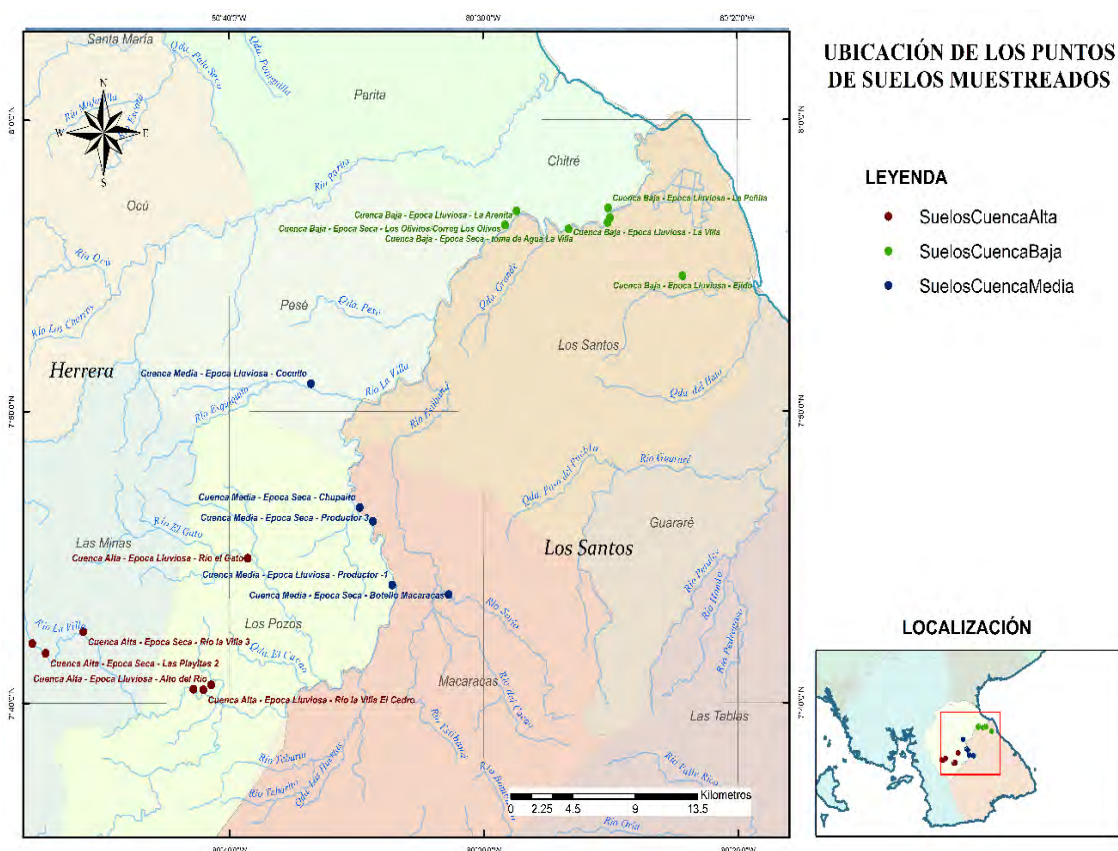


Figura 1. Puntos donde se muestrearon los suelos. Cuenca alta, media y baja del río La Villa. Provincias de Herrera y Los Santos, Panamá, 2016-2017 .

Cuadro 1. Ubicación de los suelos muestreados en época lluviosa. Cuenca río La Vi Ila – Panamá, 2016.

| Lugar | COORDENADAS | | Altura msnm |
|-----------------------|-------------|------------|-------------|
| | Latitud N | Longitud O | |
| Quebrada de Piedra | 534158 | 848358 | 273,0 |
| Río la Villa El Cedro | 534879 | 848316 | 3 |
| Alto del Río | 535447 | 848625 | 3,48 |
| Río El Gato | 538083 | 856630 | 205 |
| Productor 1 | 548531 | 854942 | 107 |
| Cocullo | 542654 | 867661 | 81 |
| La Peñita | 564131 | 878767 | 12 |
| La Arenita | 557520 | 878586 | 55 |
| El Ejido | 569514 | 874485 | 53 |
| La Villa | 564102 | 877854 | 11 |



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Cuadro 2. Ubicación de los suelos muestreados en época seca. Cuenca alta, media y baja del río La Villa – Panamá, 2017.

| Lugar | COORDENADAS | | |
|-----------------------------|-------------|------------|-------------|
| | Latitud N | Longitud O | Altura msnm |
| Las Playita 1 | 522508 | 851235 | 482 |
| Las Playita 2 | 523478 | 850617 | 480 |
| Río La Villa M-3 | 526199 | 851982 | 461 |
| Botello Macaracas | 552605 | 854332 | 90 |
| Chupaito | 546183 | 859834 | 93 |
| Productor 3 | 547133 | 858969 | 88 |
| Toma de Agua La Villa | 561276 | 877446 | 21 |
| Los Olivito | 556684 | 877698 | 30 |
| La comadre Vieja / La villa | 564268 | 878148 | 30 |

Los sitios y ubicación geográfica de donde se tomaron las muestras de sedimentos en la época lluviosa y seca, se observan en la Figura 2 y los Cuadros 3 y 4, respectivamente.

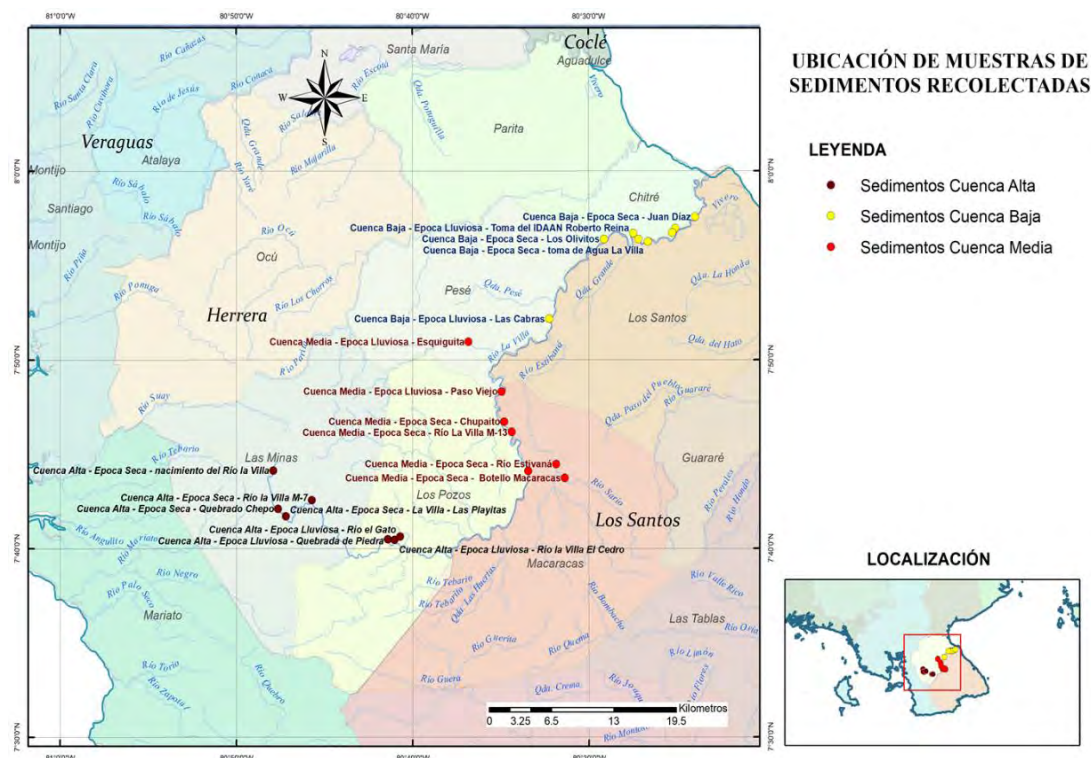


Figura 2. Puntos donde se muestrearon los sedimentos. Cuenca alta, media y baja del río La Villa. Provincias de Herrera y Los Santos- Panamá, 2016-2017.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Cuadro 3. Ubicación de los sedimentos muestreados en época lluviosa. Cuenca alta, media y baja del río La Villa – Panamá, 2016.

| Lugar | COORDENADAS | | |
|--------------------------|-------------|------------|-------------|
| | Latitud N | Longitud O | Altura msnm |
| Quebrada de Piedra | 534158 | 848358 | 273 |
| Río La Villa El Cedro | 534879 | 848316 | 3 |
| Río el Gato | 535447 | 848625 | 3,48 |
| Río La Villa Taguara | 548788 | 855031 | 100 |
| Paso Viejo | 546018 | 862801 | 83 |
| Esquiguita | 542568 | 867654 | 65 |
| Río La Villa La Peñita | 564131 | 878767 | 12 |
| Río La Villa Jalisco | 563822 | 78332 | 32 |
| Toma del IDAAN- R. Reina | 559749 | 878269 | 48 |
| Las Cabras | 550988 | 869904 | 60 |
| Balneario la Providencia | 560298 | 877694 | 85 |

Cuadro 4. Ubicación de los sedimentos muestreados en época seca. Cuenca alta, media y baja del río La Villa – Panamá, 2017.

| Lugar Seca | COORDENADAS | | |
|-----------------------------|-------------|------------|-------------|
| | Latitud N | Longitud O | Altura msnm |
| Nacimiento del río La Villa | 522227 | 855082 | 599,0 |
| La Villa - Las Playita | 523518 | 850608 | 474 |
| Quebrado Chepo | 522709 | 851346 | 317 |
| Río La Villa Escudero | 526245 | 852184 | 448 |
| Botello Macaracas | 552617 | 854356 | 63 |
| Río Estivana | 551728 | 555720 | 82 |
| Chupaito | 546300 | 859863 | 98 |
| Río La Villa M-13 | 547086 | 858848 | 78 |
| Toma de Agua La Villa | 561276 | 877446 | 21 |
| Los Olivitos | 556694 | 877698 | 30 |
| Juan Díaz | 566191 | 879872 | 44 |

Mediante el procedimiento de extracción secuencial desarrollado por Keller y Védý (1994). Se determinó a que fase del suelo (soluble, adsorbido, asociado a la materia orgánica, precipitado y residual) está unido y se conoció el grado de biodisponibilidad y riesgo ambiental que cada uno representa para el ecosistema (Figura 3).



Se compararon los niveles encontrados con los permitidos por Normas de EPA (USEPA, 1993) y las directivas de la Comisión Económica Europea: Council Directive 126/1986/EEC (UE). Estas normas ambientales son utilizadas en Estados Unidos y en los países pertenecientes a la Unión Europea, respectivamente, como referencia para determinar si un suelo contiene niveles permitidos, considerados normales o en caso de sobrepasar los límites establecidos el Estado inicia un proceso de investigación para determinar qué está causando ese aumento.

Los promedios de la extracción secuencial se compararon por medio del procedimiento de comparación de medias de t de Student para muestras pareadas. Se elaboraron gráficas de barra de cada una de las fracciones encontradas para cada metal.

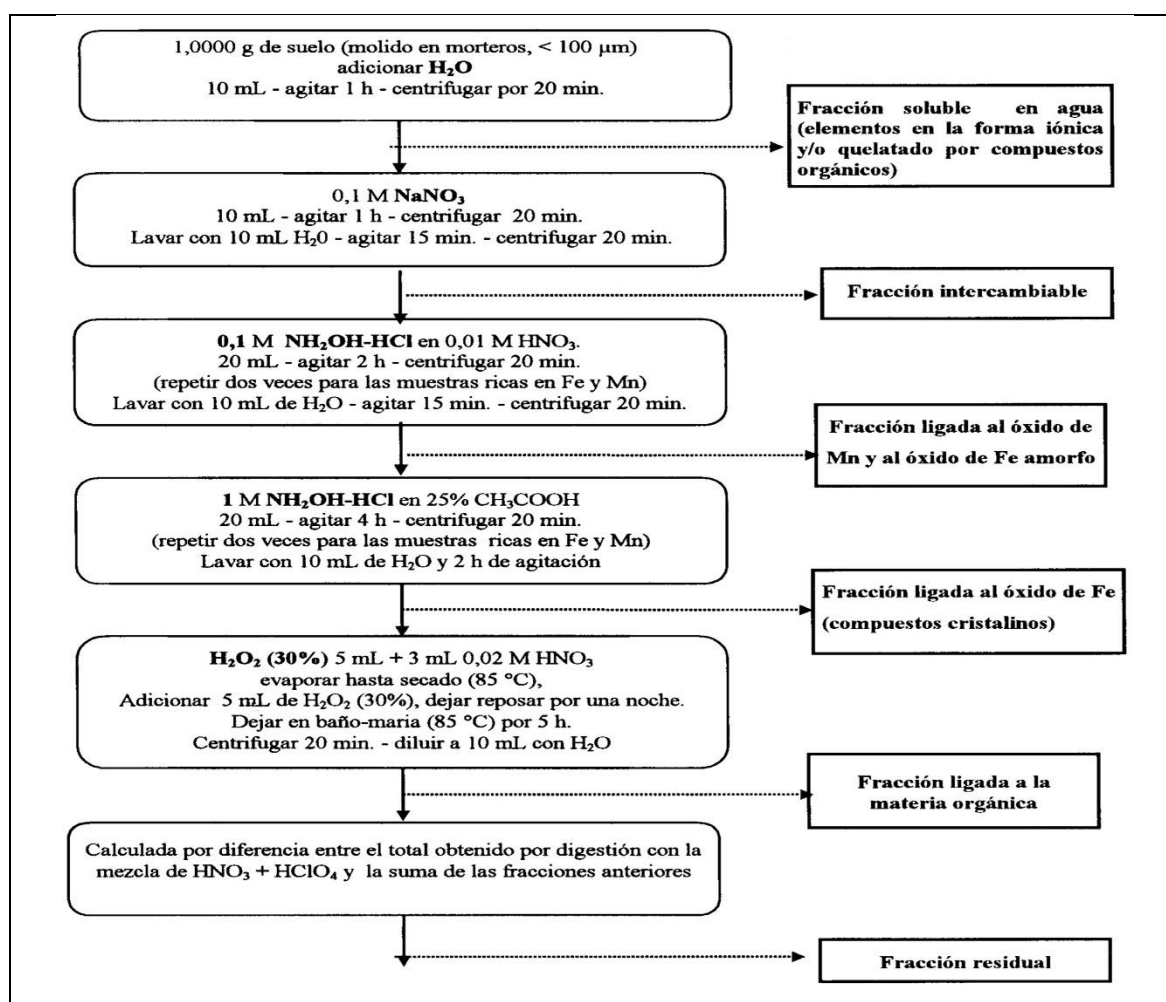


Figura 3. Esquema de extracción secuencial de Keller y Védry (1994).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido total de metales pesados en suelos y sedimentos

Los promedios del contenido total de metales pesados en los suelos muestreados durante la época lluviosa de 2016 y la época seca de 2017 (Villarreal et al., 2018) se atribuyen, especialmente, a actividades antropogénicas como uso de agroquímicos y minería clandestina.

Los resultados de los análisis de fertilizantes sintéticos mostraron que uno de los fertilizantes fosforados presentó altos niveles de Cr (Villarreal et al., 2018).

Fraccionamiento secuencial y especiación de los metales pesados

Al realizar el fraccionamiento a las 41 muestras de suelo y sedimentos colectadas se observó que la mayoría de los metales mostró preferencia (>85%) por las fracciones más estables: unido a los óxidos de Fe cristalinos, asociada a la materia orgánica y fracción residual, la más estable de todas.

Solamente el Cd, Pb y As mostraron elevados porcentajes en las fracciones biodisponibles: soluble en agua e intercambiable.

Tanto en suelo como en sedimento de la cuenca alta se observa el predominio del Cd en la fase intercambiable (Figura 4). Este es uno de los elementos que presenta mayor movilidad en el suelo (Villarreal et al., 1999). Esta elevada movilidad se puede atribuir a que estos suelos presentan bajo contenido de materia orgánica y pH ácido lo que favorece su biodisponibilidad.



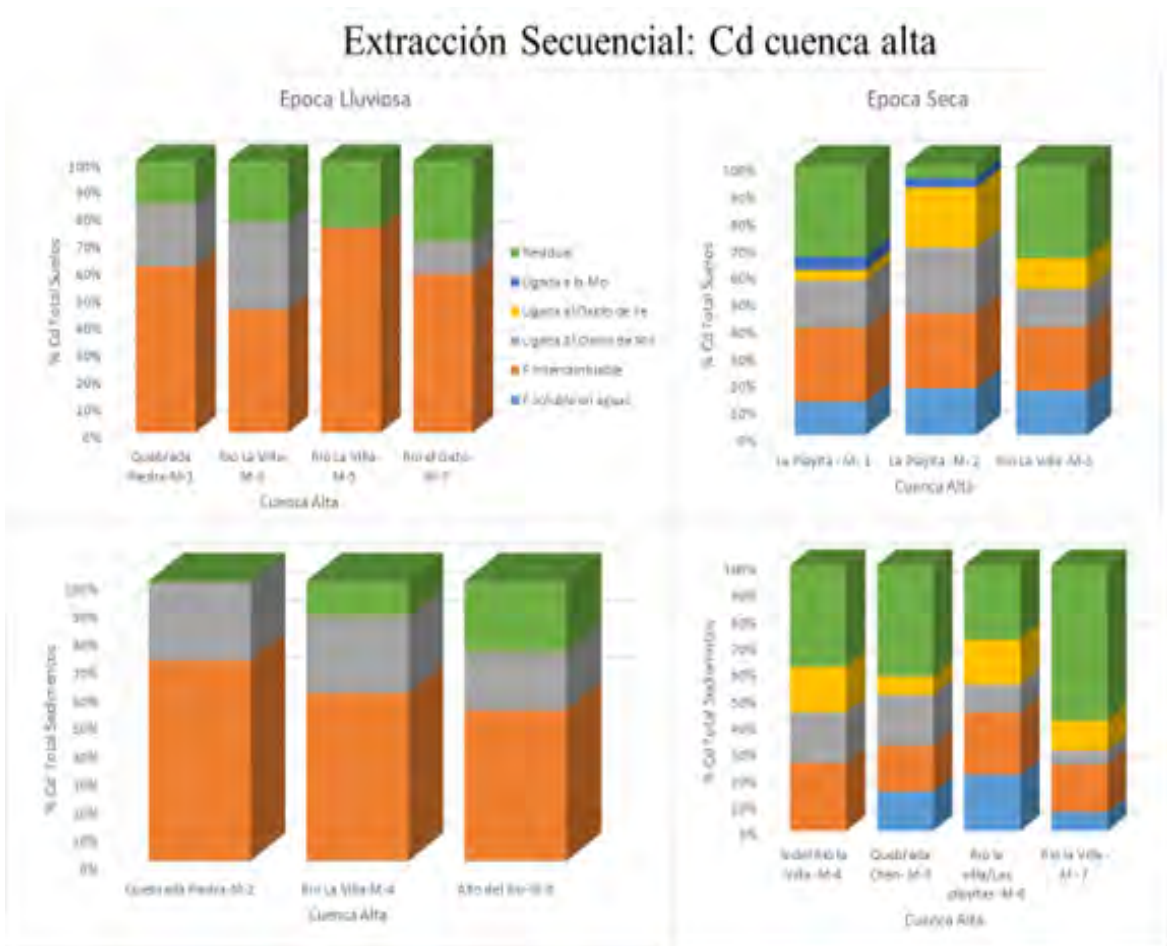


Figura 4. Fraccionamiento del Cd en muestras de suelo y sedimento de la cuenca alta del río la Villa – Panamá, 2016-2017.

Se observa que cerca de un 70% del Cd presente en el sedimento del balneario la Taguara y el río Espigueta (cuenca media) está en forma intercambiable (Figura 5).



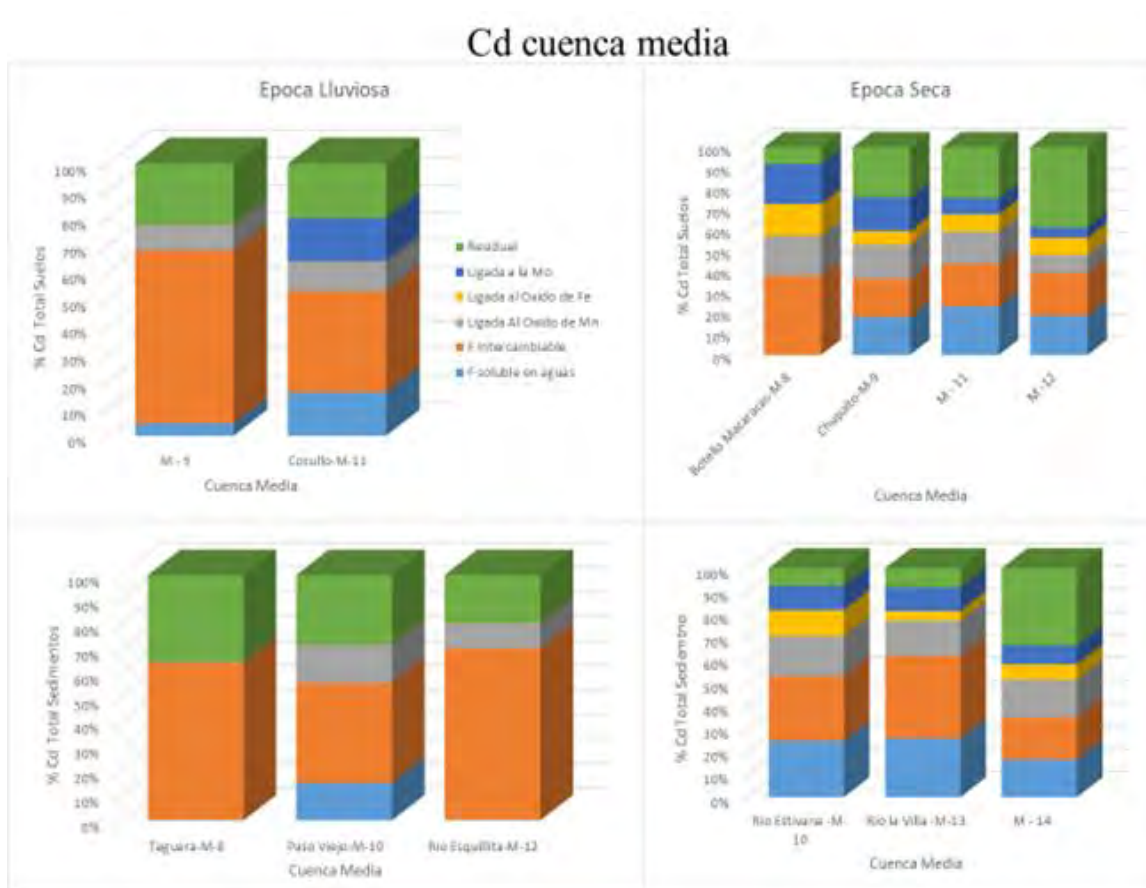


Figura 5. Fraccionamiento del Cd en muestras de suelo y sedimento de la cuenca media del río la Villa – Panamá, 2016-2017.

En el suelo muestreado en el Centro de Investigación del IDIAP en La Villa de Los Santos y en la estación experimental El Ejido de Los Santos (cuenca baja), se observó elevado porcentaje de Cd soluble en agua (50%) y en el balneario La Arenita (Figura 6).

En los sedimentos destaca el sitio de la toma de agua del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) donde se observa que arriba de un 90% del Cd está en la fracción intercambiable, fácilmente asimilable por los cultivos y animales. Aunque hasta la fecha las concentraciones no sobrepasan los límites aceptables, es necesario el monitoreo de estas áreas.



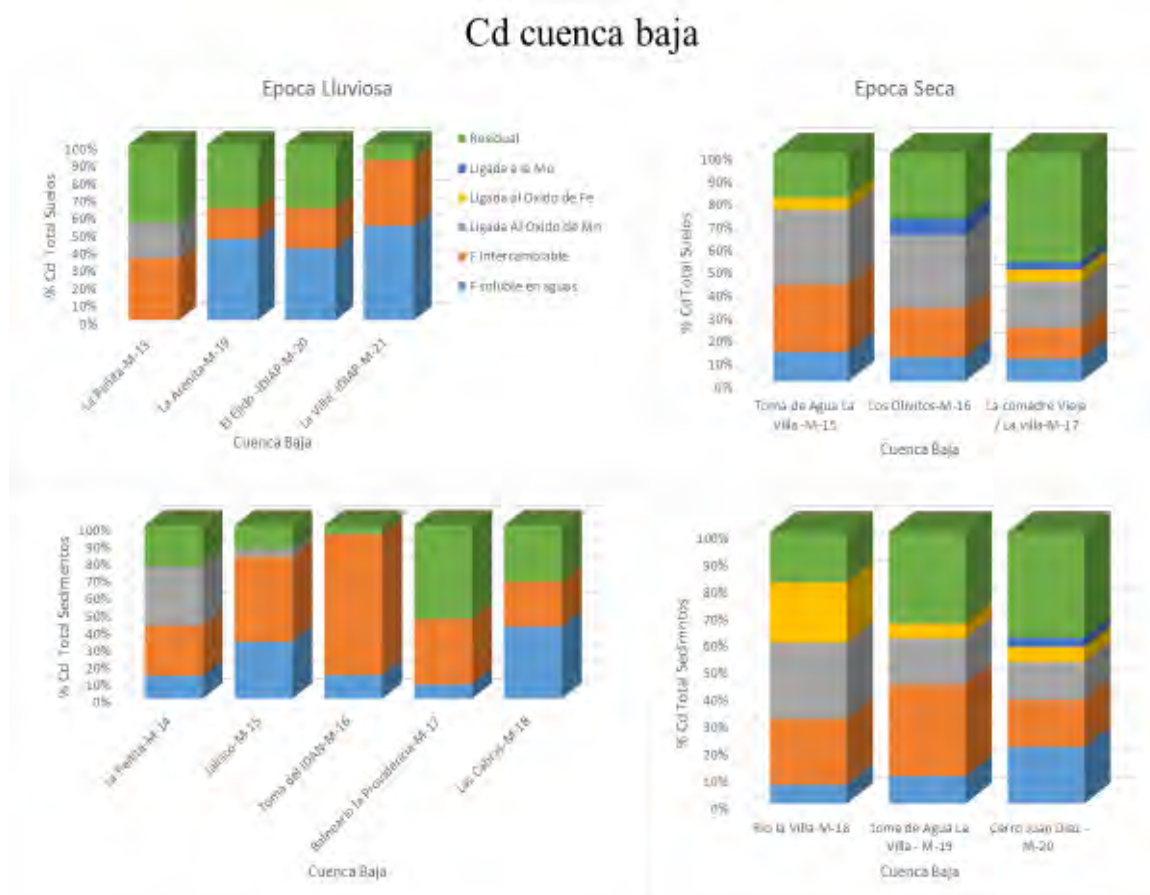


Figura 6. Fraccionamiento del Cd en muestras de suelo y sedimento de la cuenca baja del río la Villa – Panamá, 2016-2017.

La elevada proporción de As soluble en agua en la muestra de suelo de Quebrada Piedra (Figura 7) se destaca en la cuenca alta del río la Villa. Esto se podría atribuir a los efectos de la mineración de oro clandestina existente en la zona.

La presencia de As en suelo puede atribuirse, en ocasiones, a fuentes naturales ya que este elemento se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre y es común en minerales de azufre junto con hierro (FeS) y/o metales preciosos (Kim et al., 2003). Su movilización ocurre cuando las especies de As se liberan de los minerales que contienen azufre durante los procesos de erosión, procesamiento de minerales, actividad biológica y emisiones volcánicas (USEPA, 2004). Frecuentemente las actividades antropogénicas como la mineración clandestina, uso de agroquímicos, aditivos alimenticios, preservantes para madera y cuero, incineración de combustibles fósiles, se convierten en fuentes de liberación de As (Segura et al., 2002).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

As cuenca alta

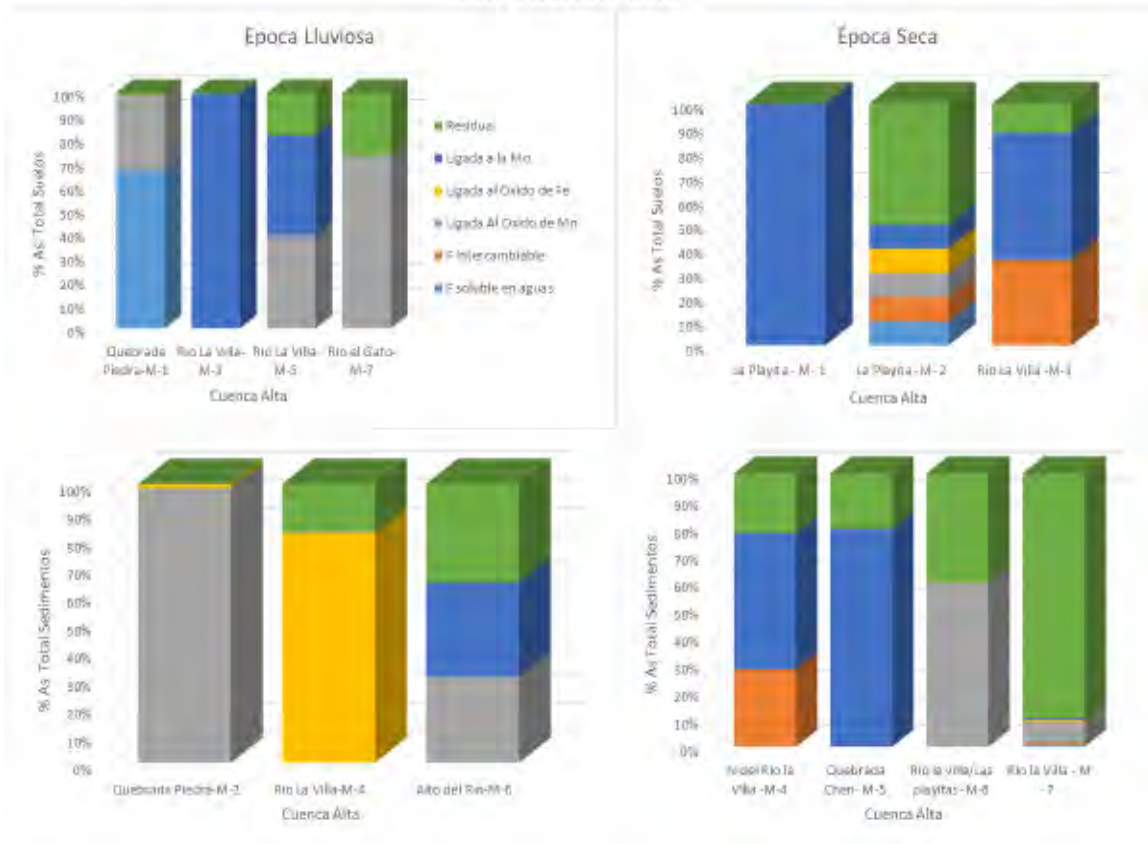


Figura 7. Fraccionamiento del As en muestras de suelo y sedimento de la cuenca alta del río la Villa – Panamá, 2016-2017.

En la cuenca media se observa la presencia de As en fases muy estables, sin embargo, en algunas áreas hay gran porcentaje en la fase intercambiable tanto en suelos como en sedimentos (Figura 8).



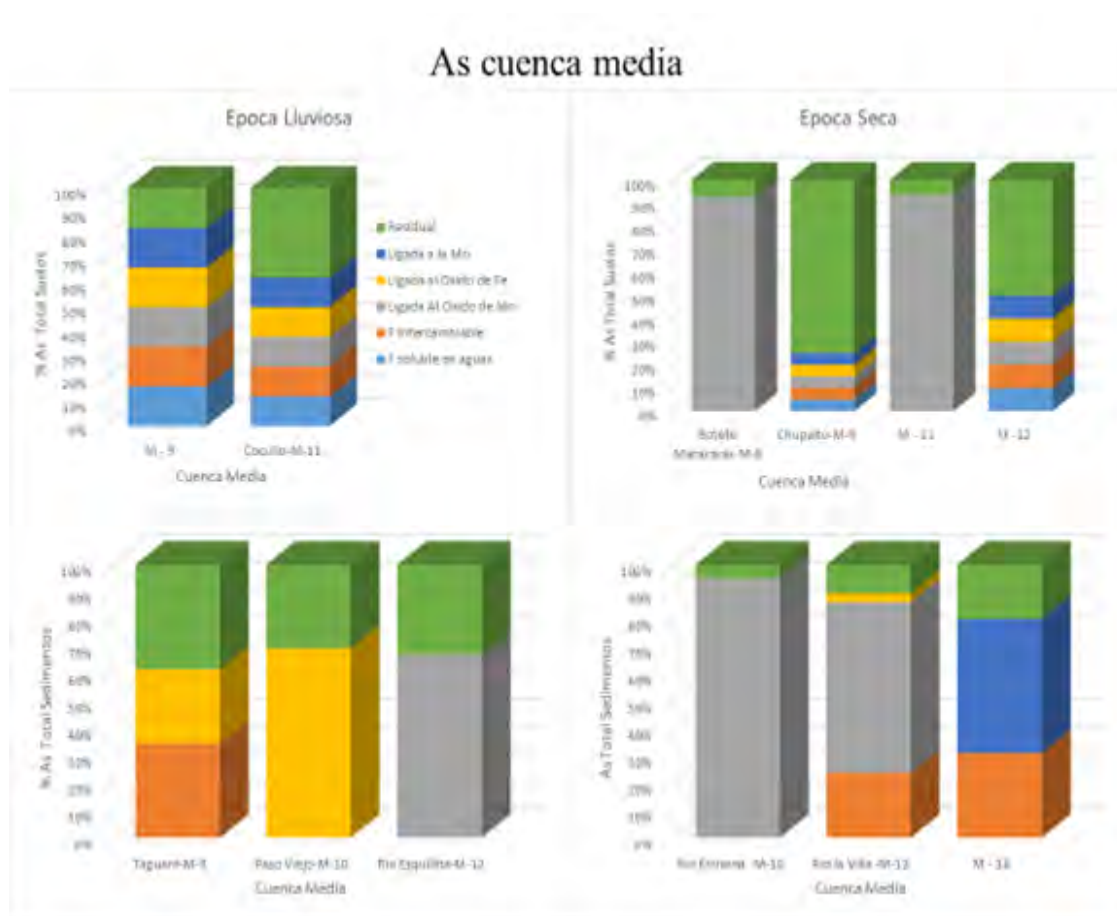


Figura 8. Fraccionamiento del As en muestras de suelo y sedimento de la cuenca media del río la Villa – Panamá, 2016-2017.

El suelo del Centro de Investigación del IDIAP en La Villa de Los Santos (40%), ubicado a orillas del río y sujeto a inundaciones y en los sedimentos de la toma de agua del IDAAN (75%), hay un predominio del As en la fase intercambiable en la época lluviosa (Figura 9), lo que podría atribuirse a efectos de la erosión desde la cuenca alta.



As cuenca baja

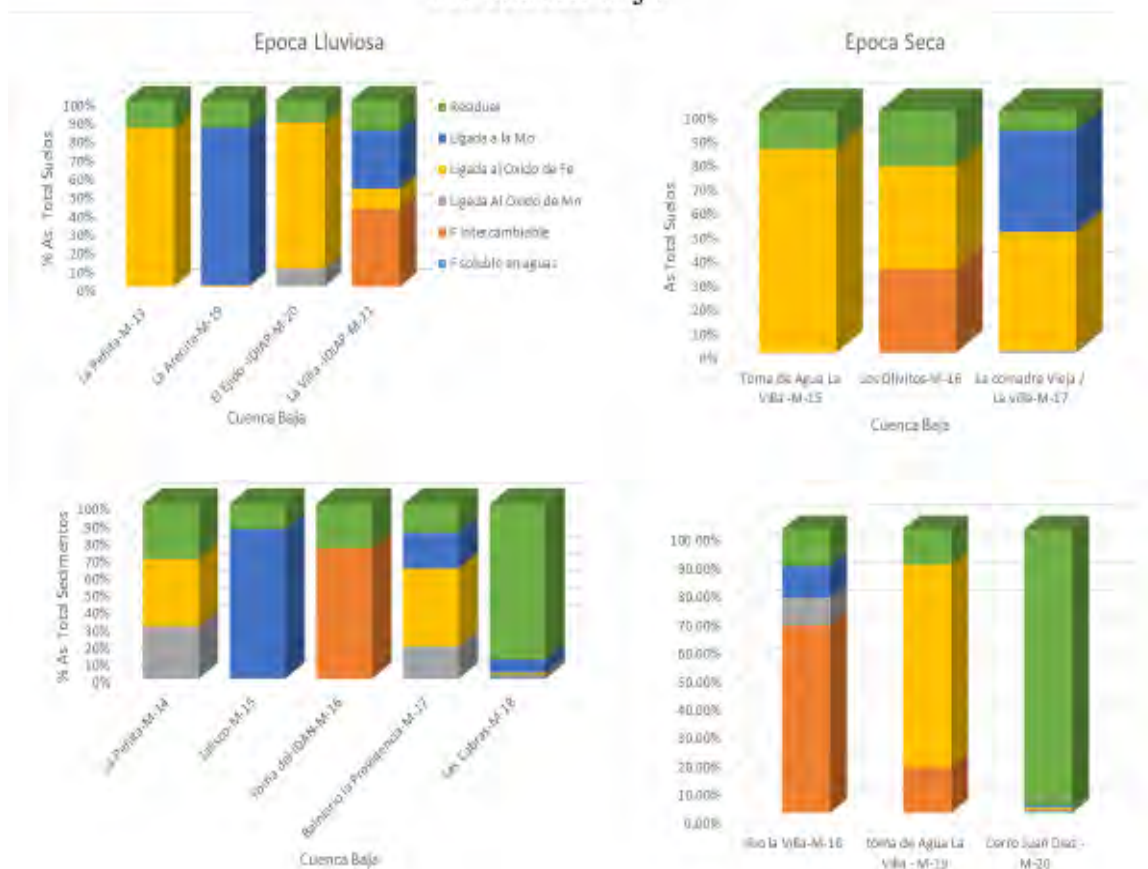


Figura 9. Fraccionamiento del As en muestras de suelo y sedimento de la cuenca baja del río la Villa – Panamá, 2016-2017.

Los resultados del análisis de comparación de medias por medio de la prueba de t de Student para muestras pareadas ($p < 0,05$) en suelos y sedimentos se observan en los Cuadros 5 y 6, respectivamente. De forma general, se nota que existe probabilidad altamente significativa de que haya acumulación en la fracción residual, coincidiendo con los datos encontrados por Villarreal et al., (1999). Los metales como el Cd presentan mayor movilidad en el agua y el suelo lo que se comprueba en estos resultados al observarse que existe una probabilidad altamente significativa de que aumente su concentración en la fracción intercambiable en suelos y sedimentos, siendo esta fracción biodisponible y con alto riesgo ambiental.



Se verifica que en el suelo de la cuenca alta la probabilidad de que la variable sea mayor que el promedio ($X > x$) fue significativa para el Cu, Cd, Pb y As en las fracciones soluble e intercambiables (Cuadro 5). Estos metales pesados se asocian con la mineración del oro existente en la zona (Ruíz, 1982). Igualmente, en la cuenca media se obtuvo probabilidad significativa para Cd, Ni y As y en la baja para Cd y As, estos últimos, muy probablemente proveniente de fuentes antropogénicas producto de la intensa actividad agrícola, ganadera y los intensos procesos de erosión que ocurren en la cuenca.

Con relación a los sedimentos (Cuadro 6), se observó probabilidad estadísticamente significativa en la cuenca alta para Cr, Cd, y Pb. El Cr es muy utilizado en la cría de cerdos, su presencia se asocia con esta actividad. En las cuencas media y baja se obtuvo probabilidad estadísticamente significativa para Cd, Pb y As, coincidiendo con lo encontrado en los suelos producto de la elevada erosión existente en la cuenca debido a la deforestación.

Cuadro 5. Nivel de significancia de medias de las fracciones a los que están unidos los metales pesados por medio de la prueba de t de Student para muestras pareadas en suelos ($X > x$). Cuenca alta, media y baja del río La Villa - Panamá, 2016-2017.

| Fracción | Cu | Zn | Cr | Cd | Ni | Pb | As |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Cuenca Alta | | | | | | | |
| Soluble en agua | 0,32 | 0,50 | 0,50 | 0,04* | 0,49 | 0,05* | 0,17 |
| Intercambiable | 0,01** | 0,45 | 0,38 | 0,01** | 0,39 | 0,04* | 0,04* |
| Asociado a óxidos de Mn | 0,03* | 0,05* | 0,41 | 0,02* | 0,08 | 0,04* | 0,02* |
| Asociado a óxidos de Fe | 0,02* | 0,02* | 0,24 | 0,05* | 0,01** | 0,01** | 0,17 |
| Materia orgánica | 0,02* | 0,02* | 0,05* | 0,19 | 0,03* | 0,05* | 0,01** |
| Residual | 0,02* | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,02* |
| Suelo Cuenca Media | | | | | | | |
| Soluble en agua | 0,42 | 0,21 | 0,28 | 0,03* | 0,05* | 0,08 | 0,04* |
| Intercambiable | 0,50 | 0,21 | 0,45 | 0,01** | 0,39 | 0,49 | 0,04* |
| Asociado a óxidos. de Mn | 0,50 | 0,01** | 0,42 | 0,02* | 0,03* | 0,03* | 0,01** |
| Asociado a óxidos. de Fe | 0,02* | 0,05* | 0,31 | 0,06 | 0,02* | 0,01** | 0,04* |
| Materia orgánica | 0,02* | 0,14 | 0,28 | 0,03* | 0,13 | 0,02* | 0,04* |
| Residual | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,02* | 0,01** | 0,01** | 0,01** |
| Suelo Cuenca Baja | | | | | | | |
| Soluble en agua | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,01** | 0,38 | 0,08 | 0,50 |
| Intercambiable | 0,50 | 0,19 | 0,29 | 0,01** | 0,14 | 0,06 | 0,02* |
| Asociado a óxidos de Mn | 0,50 | 0,29 | 0,30 | 0,02* | 0,49 | 0,04* | 0,45 |
| Asociado a óxidos de Fe | 0,05* | 0,02* | 0,28 | 0,16 | 0,01** | 0,02* | 0,01** |
| Materia orgánica | 0,03* | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,09 | 0,01** | 0,01** |
| Residual | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,02* |



Cuadro 6. Nivel de significancia de medias de las fracciones a los que están unidos los metales pesados por medio de la prueba de t de Student para muestras pareadas en sedimentos (X>x). Cuenca alta, media y baja del río La Villa – Panamá, 2016-2017.

| Fracción | Cu | Zn | Cr | Cd | Ni | Pb | As |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sedimentos Cuenca Alta | | | | | | | |
| Soluble en agua | 0,42 | 0,50 | 0,01** | 0,04* | 0,49 | 0,03* | 0,46 |
| Intercambiable | 0,50 | 0,23 | 0,42 | 0,01** | 0,39 | 0,06 | 0,46 |
| Asociado a óxidos de Mn | 0,50 | 0,07 | 0,41 | 0,02* | 0,08 | 0,04* | 0,01** |
| Asociado a óxidos de Fe | 0,02* | 0,02* | 0,09 | 0,05* | 0,01** | 0,01** | 0,02* |
| Materia orgánica | 0,02* | 0,02* | 0,06 | 0,47 | 0,03* | 0,03* | 0,02* |
| Residual | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** |
| Sedimentos Cuenca Media | | | | | | | |
| Soluble en agua | 0,40 | 0,50 | 0,44 | 0,02* | 0,10 | 0,04* | 0,49 |
| Intercambiable | 0,50 | 0,50 | 0,39 | 0,01** | 0,22 | 0,08 | 0,02* |
| Asociado a óxidos de Mn | 0,50 | 0,20 | 0,40 | 0,02* | 0,08 | 0,04* | 0,01** |
| Asociado a óxidos de Fe | 0,02* | 0,01** | 0,19 | 0,08 | 0,01** | 0,01** | 0,02* |
| Materia orgánica | 0,02* | 0,07 | 0,21 | 0,06 | 0,17 | 0,04* | 0,04* |
| Residual | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,02* |
| Sedimentos Cuenca Baja | | | | | | | |
| Soluble en agua | 0,47 | 0,50 | 0,48 | 0,02* | 0,50 | 0,06 | 0,43 |
| Intercambiable | 0,50 | 0,12 | 0,45 | 0,01** | 0,50 | 0,05* | 0,01** |
| Asociado a óxidos de Mn | 0,50 | 0,43 | 0,47 | 0,02* | 0,50 | 0,05* | 0,05* |
| Asociado a óxidos de Fe | 0,01** | 0,03* | 0,36 | 0,06 | 0,01** | 0,01** | 0,02* |
| Materia orgánica | 0,05* | 0,14 | 0,11 | 0,31 | 0,32 | 0,06 | 0,09 |
| Residual | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** | 0,01** |

CONCLUSIONES

- Conocer las fracciones del suelo a las que está unido el metal pesado resulta de gran utilidad para determinar el impacto ambiental que pueda presentar una determinada especie. Algo que no se puede medir si solo se determina la concentración total del metal.
- El fraccionamiento de los metales pesados mostró elevado porcentaje de cadmio, plomo y arsénico en las fracciones con mayor biodisponibilidad: fracción soluble en agua e intercambiable, las cuales representan mayor riesgo ambiental. Los tres casos se asocian en la cuenca alta a la mineración clandestina ya que estos metales están presentes en minerales asociados con metales preciosos y su movilización se ve favorecida por los intensos procesos de erosión que se desarrollan en la cuenca.



- Tanto en suelos como en sedimentos el cadmio, plomo y arsénico, presentaron elevada probabilidad de que sus promedios en las fracciones biodisponibles aumenten en los próximos años debido a la intensa actividad agropecuaria y agroindustrial en la zona.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la SENACYT el financiamiento del presente trabajo. También la colaboración del personal del Ministerio de Ambiente y del Ministerio de Desarrollo Agropecuario para la realización del muestreo de suelo y sedimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2008. Plan de ordenamiento territorial ambiental de la cuenca del río La Villa. ANAM. Panamá. 132 p.
- Economical European Comission: Council Directive 126/1986. On the protection of the environment and in particular of the soil when sewage sludge is used in agricultura, 86/278/CEE. Off. J. of the Eur. Comm. N° L186/6-12, 4/7/1986.
- Galán, E., y A. Romero. 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía. MACLA 10: 48-60.
- González, I., M. López, A. Romero, J.C. Fernández- Caliani, P. Aparicio, y E. Galán. 2008. Influencia de la composición mineralógica sobre la movilidad de elementos traza en suelos agrícolas afectados por explotaciones mineras de la Faja Pirítica Ibérica. Geotemas, 10: 977-980.
- Keller, C., and J.C. Védy. 1994. Distribution of copper and cadmium fractions in two forest soils. J. Environmental Quality. 23: 987-999.
- Kim, J.Y., A.P. Davis, and K.W. Kim. 2003. Stabilization of available arsenic in highly contaminated mine tailings using iron. Enviromental Science Technology. 37 (1): 189-195.



- LA, O., y C. Barra. 2003. Avaliacao dos métodos de extracao sequencial de Tessier, Keller y Miller na determinacao de ferro nativo en tres tipos de solos: Orgánico, Brunizem e Latossolo. Quim. Nova. 26 (3): 323-330.
- Mathews, O., y S. Kakulu. 2012. Heavy metals pollution in agricultural soils of adogo in Ajaokuta local government area of Kogi State, Nigeria. Int. J. Pure Appl.Sci. Technol. 11 (1): 126-131.
- Robledo, E., V. Espinosa, R. Maldonado, J.E. Rubiños, E. Hernández, E. Ojeda, y L. Corlay. 2010. Sales solubles y metales pesados en suelos tratados con biosólidos. Rev Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 16 (2): 241-251.
- Rueda, G., J.A. Rodríguez, y R. Madriñán, R. 2011. Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: perspectivas para Colombia. Acta Agron. 60 (3): 203-218.
- Ruíz, A.E. 1982. Estudio geológico de El Montuoso. Universidad Popular de Azuero. Editorial Litho Impresora La Villa. Los Santos. Panamá. 31 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Guía Técnica para orientar en la Elaboración de Estudios de Caracterización de Sitios Contaminados. Ministerio del Ambiente. México, 217 p.
- Segura, M., J. Muñoz, Y. Madrid, y C. Cámara. 2002. Stability study of As (III), As (V), MMA and DMA by anion Exchange chromatography and HG-AFS in wastewater samples. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 374: 513-519.
- USEPA (United States Environment Protection Agency). 2004. Monitoring arsenic in the environment: A review of science and technologies for field measurements and sensors. EPA542/R-04/002. National Service Centre for Environment Publications (NSCEP). Office of solid waste and emergency response. U.S. Environment Protection Agency, Washington, D.C. 20460. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1000EOV.TXT>. (Consultado 20 jun. 2020).



- USEPA (United States Environment Protection Agency). 1996. Method 3050B, acid digestion of sediments, sludges, and soils. United States Environmental Protection Agency (USEPA), 12 p. <https://www.epa.gov/esam/epa-method-3050b-acid-digestion-sediments-sludges-and-soils>. (Consultado 17 may. 2017).
- USEPA (United States Environment Protection Agency). 1993. EPA/600/4-90/027F. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. Fourth ed. Cincinnati, Ohio. 273 p. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/acute-freshwater-and-marine-wet-manual_2002.pdf. (Consultado 20 jun. 2020).
- Villarreal, J.E., A. Santo, J.A. Villalaz, N. Ballesteros, y I.A. RAMOS. 2018. Metales pesados en suelos y sedimentos dentro de la cuenca del río La Villa-Panamá. www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/53/39. (Consultado 25 mayo 2019).
- Villarreal, J.E., I.A. Ramos, J.A. Villalaz, y A. Santo, A. 2017. Clasificación taxonómica y caracterización fisicoquímica de los suelos de la región de Azuero-Panamá. IX Congreso de suelos de Costa Rica. 25 al 27 de octubre de 2017, San José, Costa Rica. www.sueloscr.com/congreso. (Consultado 16 mar. 2019).
- Villarreal, J.E., N.M.B. Amaral Sobrinho, y N. Mazur. 2006. Sistemas de preparo do solo e acúmulo de metais pesados no solo e na cultura do pimentão. *Ciência Rural*, Santa Maria, 36 (1): 113-119.
- Villarreal, J.E., N.M.B. Amaral Sobrinho, F. Palmieri, y A. Alcantara. 1999. Consequencias de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo e agua por metais pesados. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*. Viçosa: 23 (4): 981-990.



AVANCES SOBRE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE FRIJOL (*Phaseolus* sp.) EN PANAMÁ¹

Daniel Gabriel Debouck²; Emigdio Rodríguez-Quiel³

RESUMEN

Una bioprospección en el occidente de la provincia de Chiriquí, Panamá, permitió encontrar 15 poblaciones para las cuatro especies de frijol (*Phaseolus*) reportadas en estado no cultivado o silvestre en este país: *P. costaricensis*, *P. dumosus*, *P. lunatus* y *P. tuerckheimii*. Se discuten unos aspectos de conservación de estas especies, empezando con la pequeña extensión territorial del nicho ecológico original de tres especies. Mientras los hábitats de *P. lunatus* se van reduciendo por la ganadería en la parte por debajo de 1,300 m, el bosque tropical altimontano con estación seca donde crecen las otras tres, se reduce por los cultivos de hortalizas de clima templado y la expansión urbana. Los materiales de *P. dumosus* presentaron una variación poco común en sus semillas, posiblemente como resultado de cruces con otras especies, con la perspectiva de usarlos como puente en mejoramiento.

Palabras claves: Bioprospección, mejoramiento, parientes silvestres del cultivo.

¹Recepción: 13 de febrero de 2019. Aceptación: 6 de agosto de 2019. Proyecto cooperativo entre el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con el apoyo del Global Crop Diversity Trust (GCDDT).

²Programa de Recursos Genéticos, CIAT, Cali, Colombia. e-mail: d.debouck@cgiar.org.

³Proyecto de Fríjol, IDIAP, David, Panamá. e-mail: erodriguez@gmail.com.



PROGRESS IN THE STUDY OF GENETIC RESOURCES OF *Phaseolus* BEANS IN PANAMA

ABSTRACT

A germplasm exploration carried out in the western part of the Chiriqui province in Panama resulted in the disclosure of 15 populations for the four *Phaseolus* bean species reported as non-cultivated or wild for this country: *P. costaricensis*, *P. dumosus*, *P. lunatus* and *P. tuerckheimii*. Some aspects of conservation of these species are discussed starting with the small acreage of the original habitat for three species. While the areas of natural occurrence of *P. lunatus* below 1,300 m are being reduced because of cattle ranching, the tropical montane forest with dry season where the other three are thriving, is being replaced by cool climate vegetable crops and urban expansion. The collections of *P. dumosus* displayed an unusual variation in seed traits, possibly resulting from natural crosses with other species, thus offering the possibility for use as bridge in breeding.

Key words: Breeding, crop wild relatives, germplasm exploration.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la agricultura en el trópico americano hace 8-10,000 años y desde la aplicación del mejoramiento científico en el último siglo, la diversidad genética de los cultivos existente en miles de variedades nativas ha sido un factor clave para la sostenibilidad y los aumentos de productividad de los mismos. En el caso del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), esencial en la dieta de los pueblos centroamericanos (Broughton et al., 2003), los recursos genéticos han permitido superar las destrucciones ocasionadas por las enfermedades (Singh y Schwartz, 2010), las plagas (Miklas et al., 2006), o las limitaciones severas debidas a la baja fertilidad del suelo (Beebe, 2012), la sequía (Beebe et al., 2008), o las deficiencias en hierro (Blair et al., 2011). La selección asistida por marcadores y la disponibilidad de recursos genéticos más allá de las variedades tradicionales del agricultor están motivando a los fitomejoradores a considerar los parientes silvestres de cultivo (Lobaton et al., 2018). La forma silvestre del frijol común puede aportar genes interesantes contra gorgojos (Zaugg et al., 2013), sequía (Cortés et al., 2013), o para aumentar el rendimiento (Acosta-Gallegos et al., 2007) o la proteína de reserva en las semillas (Sotelo et al., 1995). Especies del acervo secundario contribuyen a la resistencia contra enfermedades tales como antracnosis (Mahuku et al., 2002), mancha por *Ascochyta* (Schmit y Baudoin, 1992) y moho blanco (Singh et al., 2013), o a mejorar la reacción contra toxicidad alumínica en suelos ácidos (Butare et al., 2012). El interés de los parientes



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

silvestres está también en estudios evolutivos (Chacón-Sánchez et al., 2007; Ariani et al., 2017) que tienen impacto en mejoramiento (¿cuáles materiales debemos cruzar para obtener heterosis?) y en conservación (¿cuáles materiales debemos conservar en prioridad?), Pero antes de poder ampliar todas estas evaluaciones y el uso de estas especies, hay que reunir las y conocerlas.

El género *Phaseolus* (Leguminosae, Phaseoleae) cuenta con 80-85 especies silvestres en el continente americano (Porch et al., 2013), desde la región de Nueva York en los EE.-UU. (Freytag y Debouck, 2002) hasta la provincia de Córdoba en Argentina (Drewes, 2006). Más de 50 especies se encuentran en México (Delgado-Salinas y Gama-López, 2015), unas 15 especies en América Central (Araya-Villalobos et al., 2015), y sólo seis especies en América del Sur (Beebe y Debouck, 2019). Debido a esta distribución, y siendo Panamá el corredor biológico de referencia a nivel continental (Graham, 2010), entonces surgen las preguntas: ¿Cuáles especies silvestres de *Phaseolus* pueden encontrarse en Panamá? y luego: ¿Cuál ha sido el papel del Istmo en las migraciones de estas especies, ya que sabemos que hubo migraciones (para el frijol Lima: Serrano-Serrano et al., 2010; para el frijol común: Rendón-Anaya et al., 2017)?

La consulta de trabajos especializados y listados florísticos (Freytag y Debouck, 2002; Correa et al., 2004), y de los registros existentes en Herbarios y Museos de Historia Natural (86 visitados por uno de los autores en el período 1978-2018) y en bancos de germoplasma como el del CIAT, indican que las especies de *Phaseolus* conocidas para la República de Panamá son: *P. costaricensis* Freytag y Debouck (silvestre), *P. dumosus* Macfadyen (escape), *P. lunatus* L. (cultivado y silvestre), *P. tuerckheimii* Donnell-Smith (silvestre) y *P. vulgaris* (cultivado).

Con relación al frijol común en Panamá, es importante señalar que ha sido reportado en estado cultivado (Lackey y D'Arcy, 1980; Correa et al., 2004) y efectivamente hay muchos cultivos comerciales para grano seco del llamado 'poroto' en el occidente de la provincia de Chiriquí (ANATI, 2016), y observaciones personales en esta bioprospección). Como parte de la flora nativa, *P. vulgaris* en estado silvestre existe en Costa Rica (Araya-Villalobos et al., 2001) y en Colombia (Toro-Chica et al., 1990). Entonces surge la pregunta: ¿existe o no en Panamá? Heinz Brücher (1988, p. 205) escribió: "In



Panamá, I found *P. aborigineus* in the Chiriqui mountains in the northernmost part of that country; plants grew at 1,600 m altitude in an *Alnus* forest – a habitat similar to the one in the Andes”. Y volvió a escribir (1989, p. 94): “Brücher found *P. aborigineus* in Costa Rica and in the Chiriqui mountains of NW Panamá”. En el estudio de los 86 Herbarios, particularmente en Kew, München y Buenos Aires (San Isidro), hemos encontrado algunas muestras colectadas por Brücher, pero son de *P. dumosus* en Colombia y Venezuela, y de *P. vulgaris* silvestre (sinónimo = *P. aborigineus*) en Argentina y Venezuela (Debouck, 2018), pero no de Panamá y tampoco de Costa Rica. Entonces: ¿hubo realmente colectas de Heinz Brücher en Panamá, y en caso positivo, cuándo? ¿O acaso lo confundió con *P. costaricensis* (ver abajo)? Esta duda por aclarar vuelve a resaltar la importancia de dejar buenos especímenes como prueba en Museos de Historia Natural.

Los materiales actualmente conservados en el banco de germoplasma del CIAT con país de origen Panamá (Cuadro 1) para lo cual se puede hacer la consulta en línea en el siguiente URL: <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/>.

Cuadro 1. Inventario de materiales de Panamá existentes en la colección conservada en CIAT.

| Especies | Estado biológico | Número de materiales |
|-----------------|------------------|----------------------|
| <i>lunatus</i> | cultivado | 3 |
| <i>lunatus</i> | silvestre | 1 |
| <i>vulgaris</i> | cultivado | 7 |
| Total: taxa | 3 | 11 |

Fuente: CIAT, 2019.

Son en total 11 materiales de *Phaseolus* de Panamá conservados en el CIAT, representando dos especies, 10 materiales en estado cultivado, y un material en estado silvestre. Estas cifras pueden considerarse más bien bajas en comparación a las de otros países centroamericanos, por ejemplo, Costa Rica, en el mismo banco de germoplasma. Por lo tanto, se presentó una solicitud de estudio y colección de muestras, con fines de conservación, al Ministerio del Ambiente de Panamá, cuyos objetivos específicos eran: determinar las especies de *Phaseolus* existentes en Panamá, conocer su distribución geográfica y ecología, precisar el nivel de amenaza de extinción de poblaciones de *Phaseolus in situ* e informar a la Autoridad Ambiental Competente, y conservar muestras de semillas de poblaciones de *Phaseolus* en bancos de germoplasma.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

MATERIALES Y MÉTODOS

Para encontrar las poblaciones silvestres de frijol en esta bioprospección, se aplicó una metodología de cruzar varios pisos altitudinales con fines de encontrar distintos tipos de vegetación y categorías de suelos (Debouck, 1988). En el mismo piso altitudinal, se tomó precaución en observar si cambiaba el tipo de suelo o la humedad (p.ej. presencia, densidad y clase de plantas epifitas) para decidir si se hace nueva colecta. Se trató de coleccionar semilla en varias plantas a lo largo de la población, considerando la búsqueda posterior de características útiles (Schwartz et al., 2014). Los datos recogidos en los Herbarios eran pocos para poder aplicar una tecnología de Sistema de Información Geográfica, la cual ha sido útil para buscar parientes silvestres (en frijol: Jones et al., 1997; y en ají: Jarvis et al., 2005). Efectivamente se necesita una docena de poblaciones georeferenciadas de distintos sitios para construir el modelo matemático. Las coordenadas fueron obtenidas mediante un GPSmap 62S de Garmin; la altitud fue también obtenida desde un altímetro Thommen (0-5,000 m). Se usaron mapas producidos por el Instituto Geográfico Nacional 'Tommy Guardia' de Panamá: topográfico (escala 1:250,000), precipitación media anual (escala 1:1,000,000) y vegetación actual 2000 (escala 1:1,000,000) (ANATI, 2016). Cuando el material en el campo presentaba folíolos, flores y/o frutos en buen estado, es decir, los caracteres diagnósticos para estas especies: Maréchal et al., 1978, se prepararon unas muestras de herbario para permitir la verificación taxonómica. Los especímenes de herbario fueron dejados en los Herbarios de Panamá (PMA) y de Chiriquí (UCH) (siglas de *Index Herbariorum*: Thiers, 2018).

La bioprospección tuvo lugar en el occidente de la provincia de Chiriquí en el mes de enero, ya que para las especies reportadas arriba las compilaciones hechas en los Herbarios daban probabilidades de encontrarlas en floración y/o con frutos. El itinerario fue así (Figura 1): enero 11, 2019: búsquedas en el distrito de Renacimiento, sector occidental de la provincia de Chiriquí con límites con Costa Rica: Volcán, Río Sereno, Miraflores, Piedra de Candela, Los Pozos Termales de Silla de Pando, Mount Totumas. Enero 12: búsquedas en el distrito de Bugaba, sector occidental del volcán Barú: Nuevo Bambito, Bambito, Cerro Punta, Nueva Suiza, Desierto de Nueva Suiza, Las Nubes, Alto Pineda. Enero 13: búsquedas en el distrito de Boquete, sector oriental del volcán Barú: Volcancito, Parque Nacional Volcán Barú, Los Naranjos, Alto Quiel, Bajo Mono, Alto Jaramillo, Jaramillo Abajo, Palmira Arriba, Palmira Abajo. Al regreso de la misión, se secaron las



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

muestras de semilla y de herbario. Se conservaron las semillas en la estación experimental del IDIAP en Río Sereno, y se distribuyeron las muestras de herbario a PMA y UCH.

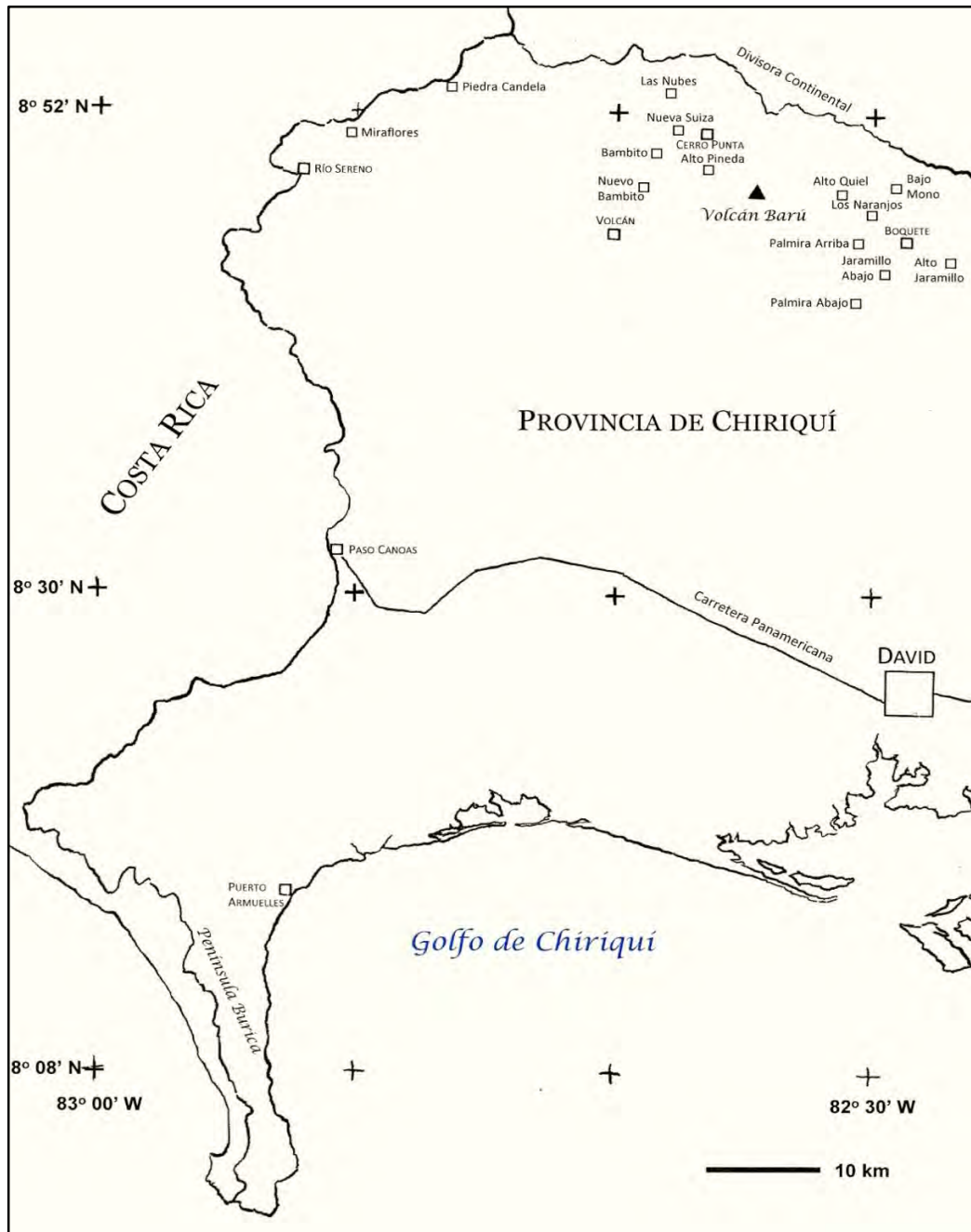


Figura 1. Zonas visitadas y muestreadas en el occidente de la provincia de Chiriquí, Panamá.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies encontradas: 4, así: *P. costaricensis*, *P. dumosus*, *P. lunatus* (silvestre) y *P. tuerckheimii* (Cuadro 2).

Poblaciones encontradas: 15, así: *P. costaricensis* (4), *P. dumosus* (4), *P. lunatus* (3) y *P. tuerckheimii* (4).

Especímenes colectados: 48, para tres especies y once poblaciones, así: *P. costaricensis* (18), *P. lunatus* (16) y *P. tuerckheimii* (14).

Semilla para fines de conservación (ya en esta fecha), para 6 poblaciones, así: *P. costaricensis* (2: #3372, #3378) y *P. dumosus* (4: #3373, #3377, #3381 y #3384).

Cuadro 2. Materiales encontrados en orden consecutivo.

| Número | Especie | Distrito | Altitud (msnm) | Fecha |
|-----------|----------------------|----------|----------------|------------|
| 3372 | <i>costaricensis</i> | Bugaba | 1,616 | 12/II/2019 |
| 3373 | <i>dumosus</i> | Bugaba | 1,869 | 12/II/2019 |
| 3374 | <i>tuerckheimii</i> | Bugaba | 1,881 | 12/II/2019 |
| 3375 | <i>costaricensis</i> | Bugaba | 1,905 | 12/II/2019 |
| 3376 | <i>tuerckheimii</i> | Bugaba | 2,047 | 12/II/2019 |
| 3377 | <i>dumosus</i> | Bugaba | 1,689 | 12/II/2019 |
| 3378 | <i>costaricensis</i> | Boquete | 1,856 | 13/II/2019 |
| 3379 | <i>tuerckheimii</i> | Boquete | 1,886 | 13/II/2019 |
| 3380 | <i>lunatus</i> | Boquete | 1,309 | 13/II/2019 |
| 3381 | <i>dumosus</i> | Boquete | 1,545 | 13/II/2019 |
| 3382 | <i>tuerckheimii</i> | Boquete | 1,584 | 13/II/2019 |
| 3383 | <i>costaricensis</i> | Boquete | 1,656 | 13/II/2019 |
| 3384 | <i>dumosus</i> | Boquete | 1,682 | 13/II/2019 |
| 3385 | <i>lunatus</i> | Boquete | 1,313 | 13/II/2019 |
| 3386 | <i>lunatus</i> | Boquete | 1,289 | 13/II/2019 |
| Total: 15 | Total: 4 | Total: 2 | | |

Especies

P. costaricensis

Las cuatro poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,616-1,905 msnm) estaban en formación de vainas verdes, ya entrando en madurez seca (#3372, #3378). Pese a la gran humedad cerca de Bambito (#3372) o de Bajo Mono (#3383), el follaje se mostraba libre de enfermedades causadas por hongos (antracnosis, mancha por *Ascochyta*, moho blanco) que usualmente destruyen los cultivos de frijol en estas condiciones ambientales (Singh y Schwartz, 2010). Varias poblaciones sufren de la presión



antrópica (p.ej. no se volvió a ver la población de Finca Lérída reportada en julio de 1940; Debouck, 2018) (Figura 2), aunque varias están a salvo por la topografía muy quebrada que no permite la agricultura ni edificaciones. En el sector de Nueva Suiza, los ancianos lo conocen como 'frijol de monte', pero no reportan algún uso. Cabe señalar que la vaina es un poco mayor (100x13 mm *versus* 60x6 mm) y de sección más elíptica que la vaina de *P. vulgaris* silvestre.



Figura 2. Población #3378 de *P. costaricensis* (flecha) en la parte baja del Parque Nacional Volcán Barú, al lado de un campo de papa recién cosechada (primer plano).

P. dumosus

Las cuatro poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,545-1,869 msnm) estaban ya en madurez seca de los frutos y con tallos secos (Figura 3); por lo tanto, no fue posible hacer herbarios completos con follaje y flores. Las cuatro poblaciones fueron encontradas como escapes de cultivo, afuera de las áreas cultivadas, en cercas y límites de barbechos. La población #3373 mostró grano con introgresión de *P. costaricensis* creciendo cerca (#3372), justificando la colecta como material puente para mejoramiento.



La población #3377 presentó grano bayo rosado con rayas café (poco común en esta especie, en estado de escape de cultivo). La población #3381 mostró el grano de color naranja muy común en estado de escape de cultivo (Schmit y Debouck, 1991), aunque unos granos fueron de color café claro y otros de color café oscuro, justificando la colecta como poco comunes. La población #3384 presentó granos de color rojizo con pintas crema, nuevamente poco frecuente en estado de escape de cultivo. Cerca de Bajo Mono, distrito de Boquete, el material (#3384) era conocido como “haba”, aunque no hay evidencia de consumo sostenido ahora.



Figura 3. Lado izquierdo: Población #3381 de *P. dumosus* (flecha) 0,5 km NW de Alto Quiel, mostrando un nicho ecológico frecuente en orilla de cafetales o de terrenos que fueron cultivados en el pasado y ahora abandonados. Lado derecho, desde arriba: fenotipo común de semillas (población #3381), semillas con posible introgresión (población #3373), y fenotipo de semillas poco frecuente (población #3377) (escala = 1 cm).



P. lunatus

Las tres poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,289-1,313 msnm) fueron todas del distrito de Boquete. Son todas formas silvestres por la morfología (vainas pequeñas y semillas pequeñas de color gris) y por la ecología (creciendo libremente en vegetaciones naturales, aunque muchas muy intervenidas); no son escapes de cultivo. Complementan el único registro anterior para este sector de la provincia de Chiriquí: *WH Lewis et al. 318* (COL, DUKE, MEXU, PMA), el otro siendo de la península de Burica (Debouck, 2018). Desde allí el interés en la última población (#3386) de Palmira Abajo (Figura 4). Las poblaciones fueron encontradas en desarrollo de vainas verdes, aunque hubo plantas jóvenes aún sin florecer de germinaciones tardías.



Figura 4. Población #3386 en una cerca (primer plano) de un campo en descanso, 2 km N de Palmira Abajo.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

P. tuerckheimii

La distribución de esta especie arranca en Chiapas, México, y termina en el distrito de Boquete, prov. de Chiriquí, Panamá (Freytag y Debouck, 2002). Las cuatro poblaciones encontradas (en rango altitudinal 1,584-2,047 msnm) complementan varios registros anteriores de los botánicos del Missouri Botanical Garden y la Universidad de Duke, entre otros (Debouck, 2018), cerca de (Bajo) Boquete (#3379, #3382) y Cerro Punta (#3374, #3376), ahora con coordenadas GPS para seguimiento del estado de conservación. Las poblaciones fueron encontradas en floración y formación de vainas verdes, lo que corresponden a la fenología esperada para esta especie en este momento del año. Sólo la población #3376 al SE de Cerro Punta puede considerarse como grande, mientras que las #3374 y #3382 (Figura 5) eran de pocos individuos, y por lo tanto en peligro. La población #3379 está dentro del Parque Nacional Volcán Barú y podría considerarse como protegida.



Figura 5. Población #3382 de *P. tuerckheimii* de Alto Quiel, nuevo registro para Chiriquí (flechas marcando dos inflorescencias).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Los hechos anteriores sugieren los siguientes puntos para discusión. **Primero**, el trabajo previo de preparación, recomendado por von Bothmer y Seberg, 1995, como el estudio de 86 Herbarios para identificar y ubicar representantes del género *Phaseolus* en Panamá dio indicaciones útiles sobre zonas potenciales a visitar. Por los requisitos de temperatura y pluviosidad de las especies (Freytag y Debouck, 2002) las zonas cercanas al Volcán Barú en ambas laderas eran de visitar, y efectivamente permitieron ubicar varias poblaciones, incluyendo registros nuevos para el país. **Segundo**, las comparaciones de los datos de ubicación de las poblaciones de las visitas pasadas con los datos actuales permiten concluir, en algunos casos, que la extinción de poblaciones de estas especies está en marcha (p.ej. la población de *P. costaricensis* de la Finca Lérída cuyo sitio está ahora ocupado por invernaderos con cultivos de pimentón). Sin embargo, la comparación es difícil por la falta de precisión de varios datos pasados; en este sentido, los datos obtenidos ahora por la tecnología GPS permitirán un seguimiento más preciso. Pero se pueden anticipar dificultades de conservación *in situ* frente a la rápida expansión de los cultivos de clima templado (Figura 2) y de las urbanizaciones, ya observada por D'Arcy, 1977, y Harcourt et al., 1996, lo que permite un **tercer** punto. Cabe recordar que las zonas de vida (variantes del bosque tropical latifoliado altimontano con estación seca de 3 meses) convenientes para las especies *P. costaricensis*, *P. dumosus* y *P. tuerckheimii*, son muy reducidas en Panamá (es el final de la zona montañosa centroamericana): 0,6% de la vegetación del país ó 45,102 ha, y aún 15% de esta zona de vida ya está muy modificada (Correa et al., 2004). Efectivamente en esta zona por requisitos básicos de adaptación ecológica se concentra la mayor parte de los cultivos de hortalizas de clima templado tales como papa, tomate de mesa, lechuga, zanahoria, pimentón, cebolla, repollo, chayote (ANATI, 2016). Es también una zona de crecimiento demográfico y aumento de edificaciones (ANATI, 2016). Esta doble presión sobre una superficie limitada en altitudes mayores a 1,600 m hará costosa la conservación *in situ*. Sin embargo, la conservación *in situ* se justifica por el siguiente punto. **Cuarto**, una población de *P. dumosus* (#3373) mostró índices de introgresión desde *P. costaricensis*, y puede servir de puente en programas de mejoramiento. Este fenómeno de producción de variabilidad es posible entre las especies de la sección *Phaseoli* (donde están: *P. albescens*, *P. coccineus*, *P. costaricensis*, *P. debouckii*, *P. dumosus*, *P. persistentus*, y *P. vulgaris*) (Porch et al., 2013; Rendón-Anaya et al., 2017). Este fenómeno de flujo génico se ha dado varias veces a lo largo de la evolución de esta sección (Mina-Vargas et al., 2016; Rendón-Anaya et al.,



2017), y también se ha observado en Costa Rica (materiales G40828, G40829: Programa de Recursos Genéticos CIAT, 2019). Cabe mencionar que *P. dumosus* ha mostrado resistencia a antracnosis (Mahuku et al., 2002) y a mancha por *Ascochyta* (Schmit y Baudoin, 1992), mientras que *P. costaricensis* ha mostrado resistencia a moho blanco (Schwartz et al., 2014). Estas indicaciones sugieren incluir los materiales encontrados lo antes posible en trabajos de evaluación contra estas enfermedades, y usarlos en mejoramiento. **Quinto**, para las especies potenciales anunciadas en la propuesta al Ministerio del Ambiente (i.e. *P. talamancensis*, *P. vulgaris* silvestre, *P. xanthotrichus*), aunque se hicieron búsquedas en la zona cafetera del distrito de Renacimiento, no se encontraron (tampoco se encontraron en la zona de frontera en Costa Rica en febrero de 1998), pero se encontraron varias otras leguminosas vicariantes tales como *Helicotropis spectabilis* o *Rhynchosia major* (bajo unos mm adicionales de precipitación). Quizá una visita en una fecha más temprana puede ser una opción a probar. Por **último**, los materiales encontrados de *P. lunatus* pueden ser útiles para entender los movimientos florísticos entre Centroamérica y la zona andina (Serrano-Serrano et al., 2010) y tener un mejor entendimiento de la variabilidad en esta especie, la cual puede ser muy interesante en las zonas tropicales bajas (Rachie, 1973), ahora afectadas por aumento de temperatura debido al cambio climático.

CONCLUSIONES

- Las cuatro especies silvestres cuya presencia era anunciada por los estudios previos fueron efectivamente encontradas en vegetaciones naturales de Chiriquí. Esta colaboración CIAT e IDIAP en recursos fitogenéticos de frijol se ha hecho en el momento adecuado, considerando el frágil estado de las poblaciones de estos parientes silvestres de frijol en el campo. Esta colaboración también hace un aporte al Ministerio del Ambiente de Panamá con información precisa sobre poblaciones para planificar la conservación de la agrobiodiversidad, cumpliendo con los objetivos presentados en la propuesta.
- Esta colaboración CIAT e IDIAP complementa las colecciones de Panamá conservadas en bancos de germoplasma, por ejemplo, en el caso de *P. costaricensis* y *P. dumosus*, especies para las cuales no existían materiales conservados antes de este trabajo. En el caso de *P. lunatus* silvestre, el único material conservado proviene de la provincia de



Colón, y ahora hay tres registros más para la provincia de Chiriquí. Varios de los materiales encontrados una vez aumentados pueden ser incluidos en programas de evaluación y mejoramiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo quieren agradecer a los Doctores Axel Villalobos e Ismael Camargo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá por su total apoyo y continuo interés en este proyecto, a la Licenciada Patricia Hernández del Ministerio del Ambiente por su eficaz colaboración en aprobar el permiso científico para la recolección de muestras. Al Dr. Rafael Rincón y Dra. Tina Hofmann del Herbario UCH de la Universidad Autónoma de Chiriquí por su interés y por el apoyo en el secado de las muestras. A la Dra. María S. de Stapf de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Panamá y Directora del Herbario PMA por su interés y por permitir el estudio de las colecciones del Herbario PMA. Al Dr. Peter Wenzl, Dra. Marcela Santaella, Sra. Eliana Urquijo y Sra. Josefina Martínez del Programa de Recursos Genéticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical por sus muy útiles aportes en distintas etapas de este proyecto. Al Dr. Néstor Chaves y al Maestro Rodolfo Araya de la Universidad de Costa Rica por su interés en este trabajo. Es particularmente grato para los autores mencionar el apoyo del Gobierno de Noruega y del Global Crop Diversity Trust para la realización del trabajo de campo y actividades complementarias a este.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Gallegos, J.A., J.D. Kelly, and P. Gepts. 2007. Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. *Crop Sci.* 47 (S3): S44-S59.
- Araya-Villalobos, R., W.G. González-Ugalde, F. Camacho-Chacón, P. Sánchez-Trejos, and D.G. Debouck. 2001. Observations on the geographic distribution, ecology and conservation status of several *Phaseolus* bean species in Costa Rica. *Genet. Resources y Crop Evol.* 48 (3):221-232.
- Araya-Villalobos, R., K. Martínez-Umaña, y D.G. Debouck. 2015. ¿Cuántas especies de frijol (*Phaseolus*) hay en Costa Rica? LX Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejora de Cultivos y Animales. Cd. Guatemala, Guatemala.



- Ariani, A., J.C. Berny-Mier Y Terán, and P. Gepts. 2017. Spatial and temporal scales of range expansion in wild *Phaseolus vulgaris*. *Mol. Biol. Evol.* 35 (1):119-131.
- ANATI (Autoridad Nacional de Administración de Tierras). 2016. Atlas nacional de la República de Panamá. Instituto Geográfico Nacional 'Tommy Guardia', Ciudad de Panamá, Panamá. 318p.
- Beebe, S.E. 2012. Common bean breeding in the tropics. *In: "Plant breeding reviews"*, J. Janick (ed.). Vol. 36. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, USA. p. 357-426.
- Beebe, S.E., and D.G. Debouck. 2019. Common beans and Lima beans in the northern Andes: evolutionary riddles and potential utility. Special report to the Annual Report of the Bean Improvement Cooperative (USA). 62, *in press*.
- Beebe, S.E., I.M. Rao, C. Cajiao, and M. Grajales. 2008. Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Sci.* 48 (2):582-592.
- Blair, M.W., C. Astudillo, J. Rengifo, S.E. Beebe, and R. Graham. 2011. QTL analyses for seed iron and zinc concentrations in an intra-genepool population of Andean common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theor. Appl. Genet.* 122 (3):511-521.
- Broughton, W.J., G. Hernández, M.W. Blair, S. Beebe, P. Gepts, and J. Vanderleyden. 2003. Beans (*Phaseolus* sp.) – model food legumes. *Plant & Soil* 252 (1):55-128.
- Brücher, H. 1988. The wild ancestor of *Phaseolus vulgaris* in South America. *In: "Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization"*, P. Gepts (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland. p. 185-214.
- Brücher, H. 1989. Useful plants of Neotropical origin and their wild relatives. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany. 296p.



- Butare, L., I. Rao, P. Lepoivre, C. Cajiao, J. Polania, J. Cuasquer, and S. Beebe. 2012. Phenotypic evaluation of interspecific recombinant inbred lines (RILs) of *Phaseolus* species for aluminium resistance and shoot and root growth response to aluminium-toxic acid soil. *Euphytica* 186 (3):715-730.
- Chacón-Sánchez, M.I., B. Pickersgill, D.G. Debouck, and J. Salvador-Arias. 2007. Phylogeographic analysis of the chloroplast DNA variation in wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Americas. *Pl. Syst. Evol.* 266 (3-4): 175-195.
- Correa, M., C. Galdames, y M.S. de Stapf. 2004. Catálogo de las plantas vasculares de Panamá. Universidad de Panamá and Smithsonian Tropical Research Institute, Panama City, Panama. 599p.
- Cortés, A.J., F.A. Monserrate, J. Ramírez-Villegas, S. Madriñán, and M.W. Blair. 2013. Drought tolerance in wild plant populations: the case of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *PLoS ONE* 8 (5):1-10.
- D'Arcy, W.G. 1977. Endangered landscapes in Panamá and Central America: the threat to plant species. *In*: "Extinction is forever", G.T. Prance y T.S. Elias (eds.). The New York Botanical Garden, New York, USA. p. 89-104.
- Debouck, D.G. 1988. *Phaseolus* germplasm exploration. *In*: "Genetic resources of *Phaseolus* beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization", P. Gepts (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland. p. 3-29.
- Debouck, D.G. 2018. Cahiers de phaséologie – section *Brevilegumeni*, section *Paniculati* and section *Phaseoli*. International Center for Tropical Agriculture, Cali, Colombia. 86p, 449p and 224p, respectively. <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/> files. (consultado 15 dic. 2018).
- Delgado-Salinas, A., y S. Gama-López. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. *Rev. Dig. Univ. (UNAM, México)* 16 (2):2-11.



- Drewes, S.I. 2006. Sobre *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Fabaceae) en Córdoba. Bol. Soc. Argent. Bot. 41 (3-4):323-324.
- Freytag, G.F., and D.G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. Sida Bot. Misc. 23:1-300.
- Graham, A. 2010. Late Cretaceous and Cenozoic history of Latin American vegetation and terrestrial environments. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Missouri, USA. 617p.
- Harcourt, C., G. Palacios, and J. Ruiz-Murrieta. 1996. Panama. *In*: "The conservation atlas of tropical forests – The Americas". C.S. Harcourt y J.A. Sayer (eds.), Simon and Schuster, New York, New York, USA. p. 212-218.
- Jarvis, A., K. Williams, D. Williams, L. Guarino, P. J. Caballero, and G. Mottram. 2005. Use of GIS for optimizing a collecting mission for a rare wild pepper (*Capsicum flexuosum* Sendtn.) in Paraguay. Genet. Resources & Crop Evol. 52 (6):671-682.
- Jones, P.G., S.E. Beebe, J. Tohme, and N.W. Galwey. 1997. The use of geographical information systems in biodiversity exploration and conservation. Biodivers. Conserv. 6:947-958.
- Lackey, J.A., and W.G. D'Arcy. 1980. *Phaseolus*. Family 83. Leguminosae. Flora of Panama. Ann. Missouri Bot. Gard. 67:746-751.
- Lobaton, J.D., T. Miller, J. Gil, D. Ariza, J.F. de la Hoz, A. Soler, S. Beebe., J. Duitama, P. Gepts and B. Raatz. 2018. Resequencing of common bean identifies regions of inter-gene pool introgression and provides comprehensive resources for molecular breeding. Plant Genome 11 (2):170068. doi: 10.3835/plantgenome2017.08.0068.



- Mahuku, G.S., C. Jara, C. Cajiao, and S. Beebe. 2002. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and in crosses of primary and secondary gene pools. *Plant Disease* 86 (12):1383-1387.
- Maréchal, R., J. Mascherpa, e F. Stainier. 1978. Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (Papilionaceae) sur la base de données morphologiques et polliniques, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera* 28:1-273.
- Miklas, P.N., J.D. Kelly, S.E. Beebe, and M.W. Blair. 2006. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. *Euphytica* 147 (1-2):105-131.
- Mina-Vargas, A.M., P.C. McKeown, N.S. Flanagan, D.G. Debouck, A. Kilian, T.R. Hodgkinson, and C. Spillane. 2016. Origin of year-long bean (*Phaseolus dumosus* Macfady., Fabaceae) from reticulated hybridization events between multiple *Phaseolus* species. *Ann. Bot.* 118 (5):957-969.
- Porch, T.G., J.S. Beaver, D.G. Debouck, S. Jackson, J.D. Kelly, and H. Dempewolf. 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy* 3:433-461.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2019. Programa de Recursos Genéticos, Cali, Colombia. <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crop-conservation-and-use/>. (consultado 16 ene. 2019).
- Rachie, K.O. 1973. Relative agronomic merits of various food legumes for the lowland tropics. *In*: "Potentials of field beans and other food legumes in Latin America", D. Wall (ed.), Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. p. 123-139.



- Rendón-Anaya, M., J.M. Montero-Vargas, S. Saburido-Alvarez, A. Vlasova, S. Capella-Gutiérrez, J.J. Ordaz-Ortiz, O.M. Aguilar, R.P. Vianello-Brondani, M. Santalla, L. Delaye, T. Gabaldón, P. Gepts, R. Winkler, R. Guigó, A. Delgado Salinas, and A. Herrera-Estrella. 2017. Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species. *Genome Biol.* 18 (60):1-17.
- Schmit, V., and J.P. Baudoin. 1992. Screening for resistance to *Ascochyta* blight in populations of *Phaseolus coccineus* L. and *P. polyanthus* Greenman. *Field Crops Res.* 30 (1-2):155-165.
- Schmit, V., and D.G. Debouck. 1991. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. *Econ. Bot.* 45 (3):345-364.
- Schwartz, H.F., K. Otto, D.M. Viteri, D.G. Debouck, and S.P. Singh. 2014. Response of six wild *Phaseolus costaricensis* accessions to seven bacterial, fungal, and viral diseases of common bean. *Annu. Rept. Bean Improvement Coop. USA* 57:241-242.
- Serrano-Serrano, M.L., J. Hernández-Torres, G. Castillo-Villamizar, D.G. Debouck, and M.I. Chacón-Sánchez. 2010. Gene pools in wild Lima beans (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: evidences for an Andean origin and past migrations. *Molec. Phylogen. Evol.* 54 (1):76-87.
- Singh, S.P., and H.F. Schwartz. 2010. Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Sci.* 50 (6):2199-2223.
- Singh, S.P., H. Terán, H.F. Schwartz, K. Otto, D.G. Debouck, W. Roca, and M. Lema. 2013. White mold-resistant, interspecific common bean breeding line VRW32 derived from *Phaseolus costaricensis*. *J. Plant Registr.* 7(1):95-99.
- Sotelo, A., H. Sousa, and M. Sánchez. 1995. Comparative study of the chemical composition of wild and cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*). *Plant Foods Hum. Nutr.* 47 (2):93-100.



- Thiers, B.M. 2018. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium, New York, USA. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>. (consultado 12 dic. 2018).
- Toro-Chica, O., J. Tohme, and D.G. Debouck. 1990. D.G. Wild bean (*Phaseolus vulgaris* L.): description and distribution. International Board for Plant Genetic Resources and Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 106p.
- von Bothmer, R., and O. Seberg. 1995. Strategies for the collecting of wild species. *In*: L. Guarino, V.R. Rao, and R. Reid (eds.). Collecting plant genetic diversity: technical guidelines. CAB International, Wallingford, United Kingdom. p. 93-111.
- Zaugg, I., C. Magni, D. Panzeri, M.G. Daminati, R. Bollini, B. Benrey, S. Bacher, and F. Sparvoli. 2013. QUES, a new *Phaseolus vulgaris* genotype resistant to common bean weevils, contains the arcelin-8 allele coding for new lectin-related variants. *Theor. Appl. Genet.* 126 (3):647-661.



VARIEDADES DE FRIJOL POROTO DE GRANO ROSADO BIOFORTIFICADAS PARA PANAMÁ, 2008 – 2018¹

*Emigdio Rodríguez-Quiel²; Román Gordón-Mendoza³;
Francisco González-Guevara⁴; Maika Barría⁵; Liliam Marquínez⁶;
Kasandra Araúz P⁷; Luis Yanguéz Q⁸; Ricardo Hernández⁹; Benito Franco⁹*

RESUMEN

La biofortificación es el aumento de los niveles de nutrientes mediante el mejoramiento genético convencional principalmente en alimentos de consumo masivo como las legumbres y cereales. Con el propósito de obtener variedades de frijol rosado biofortificados, se realizaron 16 cruzamientos entre las variedades Rosado Criollo e IDIAP R2 con nuevas líneas de alto contenido de hierro provenientes del CIAT, las cuales fueron avanzadas por selección masal hasta la F₅ y se seleccionaron 530 líneas F₅₋₆. A través de herramientas estadísticas robustas como índice de selección, alfa Lattice, Biplot GGE y la participación temprana en el proceso de mejoramiento genético por parte de los agricultores, se logró seleccionar las mejores líneas por su rendimiento, reacción a la mustia hilachosa, contenido de hierro en el grano, color, tamaño y brillo del grano. En la validación de las líneas con los productores durante dos años consecutivos se demostró la superioridad en rendimiento de las variedades IDIAP P 09-11 e IDIAP P 13-38 sobre el Rosado Criollo y del IDIAP R2. La información suministrada por 75 agricultores y colectada a través de fitomejoramiento participativo, indica que, entre el rendimiento de las nuevas variedades y las variedades utilizadas por los agricultores, no existe diferencia ($P \geq 0,05$). Las nuevas variedades tienen mayor contenido de hierro, 88 ppm y 78 ppm respectivamente; mientras que las variedades criollas muestran 55 ppm y 50 ppm de este elemento. No se encontraron diferencias estadísticas ($P \geq 0,05$) en preferencias de consumo cuando se evaluaron las nuevas variedades y se compararon al Rosado Criollo. Luego de 10 años de evaluación se liberaron dos nuevas variedades de grano de color rosado para los agricultores de Panamá.

Palabras claves: Mejoramiento genético, alto contenido de hierro, participación de los agricultores, rendimiento, reacción a mustia.

¹ Recepción: 13 de febrero de 2019. Aceptación: 6 de agosto de 2019.

² Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí CIA Chiriquí). Ing. Agrónomo. M.C. en Fitomejoramiento.

³ IDIAP. CIA Azuero. Ing. Agrónomo. M.C. en Protección de Cultivos.

⁴ IDIAP. CIA Chiriquí. Agrónomo.

⁵ IDIAP. (Sede). Lic. en Nutrición.

⁶ IDIAP. CIA Chiriquí. Lic. en Economía. M.C. en Economía Agrícola.

⁷ IDIAP. CIA Chiriquí. Agrónoma.

⁸ IDIAP. CIA Chiriquí. Ing. Agrónomo.

⁹ IDIAP. CIA Divisa. Ing. Agrónomo.



BIOFORTIFIED RED KIDNEY BEAN VARIETIES FOR PANAMA, 2008-2018.

ABSTRACT

The bio fortification is the increase in nutrient levels through genetic improvement, mainly in foods for mass consumption such as legumes and cereals. In order to obtain biofortified pink bean varieties, sixteen crosses were made between pink creole bean and IDIAP R2 varieties with new lines of high iron content from CIAT, which were advanced by mass selection until F_5 and 530 lines F_{5-6} were selected. Through robust statistical tools such as selection index, Alfa Lattice, Biplot GGE and early participation in the process of genetic improvement by farmers, it was possible to select the best lines for their performance, reaction to thread blight, content of iron in the grain, color, size and luster of the grain. In the validation of the lines with the producers for two consecutive years, the superiority in yield of the varieties IDIAP P 09-11 and IDIAP P 13-38 over the pink creole bean and IDIAP R2 was demonstrated. The information provided by 75 farmers and collected through participatory plant breeding indicates that there is no difference between the yield of the new varieties and the varieties used by the farmers ($P \geq 0,05$). The new varieties have a higher iron content, 88 ppm and 78 ppm respectively; Creole varieties show 55 ppm and 50 ppm of this element. No statistical differences ($P \geq 0,05$) in consumption preferences were found when the new varieties were evaluated and compared to pink creole bean. After 10 years of evaluation, two new varieties of pink grain were released for the farmers of Panama.

Key words: Genetic improvement, high iron content, farmer participation, performance, reaction to mustia.

INTRODUCCIÓN

Como parte del estado nutricional, el hambre oculta es la carencia de vitaminas y minerales esenciales en la dieta, componentes que son vitales para potenciar la inmunidad y un desarrollo saludable. Las carencias de vitamina A, zinc, hierro y yodo son motivos de gran preocupación para la salud pública y suelen ser los micronutrientes que más hacen falta a la dieta (OMS, 2012).

La biofortificación es un método para aumentar el contenido de nutrientes en los cultivos, mediante prácticas de mejoramiento convencional varietal, para producir mejores alimentos y combatir la deficiencia de micronutrientes (hierro y zinc) en el organismo humano (Caracol Radio Cali, 2016).



El frijol biofortificado ha sido desarrollado convencionalmente para tener más nutrientes. Los investigadores se han enfocado en el desarrollo de variedades de frijol con altos niveles de hierro y zinc. El frijol con alto contenido de hierro puede proveer a los consumidores un aporte adicional y significativo de su requerimiento diario de hierro sin cambiar su dieta (HarvestPlus, 2014).

Los cultivos biofortificados tienen mejores características agronómicas y ofrecen mayor contenido de micronutrientes en comparación con cultivos no-biofortificados, es decir, los que consumimos a diario denominados convencionales (Pachón, 2009). Estudios recientes respaldan la eficacia de la biofortificación en intervenciones dietéticas para mejorar deficiencias de hierro. En un grupo de mujeres universitarias en Ruanda el consumo de frijoles biofortificados con hierro mejoraron significativamente el estado del hierro después de consumirlos por 128 días. Esta intervención aumentó significativamente los niveles de concentración de la hemoglobina, 3,8 g/L más; el registro de ferritina sérica se aumentó en 0,1 log mg/L y el hierro corporal en 0,5 ppm. Por cada 1 g de Fe consumida a partir de los 128 días de estudio, hubo un aumento significativo de 4,2 g/L en la hemoglobina ($P < 0,05$) (Haas et al., 2016).

El propósito de la biofortificación es mejorar cultivos de consumo diario de las comunidades de diferentes partes del mundo, para que a través de un alimento conocido puedan mejorar la salud sin costo adicional, con los canales de distribución y de compra acostumbrados. La biofortificación es una de las herramientas para responder al problema de desnutrición mundial (Beebe, 2016).

El mayor reto al liberar una nueva variedad de frijol es que los agricultores tengan acceso a ella y esto se logra con una producción de semilla a gran escala. Hay expectativas de que algunas organizaciones nacionales las introduzcan en sus programas de semillas y también a través de pequeños productores de semilla (Beebe, 2016).

HarvestPlus se ha enfocado en el desarrollo del frijol biofortificado con un incremento de la concentración de hierro y zinc en variedades agronómicamente superiores. Las características claves de productividad están siendo desarrolladas en



combinación con el mejoramiento del valor nutricional para hacer del frijol biofortificado una semilla más atractiva para los productores (HarvestPlus, 2006).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) desarrolla el proyecto de mejoramiento para la obtención de cultivares de frijol poroto biofortificados con alto contenido de hierro. Durante el año 2015 en el proyecto de biofortificación del frijol común desarrollado en Panamá por el IDIAP en colaboración con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se realizaron cruces entre las variedades nacionales y nuevas fuentes con alto contenido nutricional, con el propósito de generar líneas con las características solicitadas por la cadena agroalimentaria del frijol poroto. Se generaron líneas de grano de color rosado provenientes de cruces entre progenitores de alto contenido de nutrientes y las variedades nacionales y se seleccionaron los mejores genotipos en relación al rendimiento de grano, alto contenido de hierro (Fe) y tolerancia a la mustia hilachosa. Se logró seleccionar al final dos líneas de grano rosado, las líneas P-09-11 y P-13-38 con 88 ppm y 78 ppm de contenido de hierro y que son consideradas como cultivares biofortificados. La variedad Rosado Criollo y la variedad mejorada IDIAP R2 tienen 55 ppm y 50 ppm de hierro, respectivamente. Este incremento representa el 60% y 56% más de este elemento en los nuevos cultivares que lo que tienen las variedades criollas. Estas líneas fueron validadas con los agricultores, y a su vez, seleccionadas por alto rendimiento, color y tamaño del grano (Rodríguez et al., 2016).

Si bien la calidad nutricional y agronómica es importante, en última instancia, lo que determinará su aceptabilidad o su rechazo será la percepción del consumidor en cuanto a sus características culinarias, su aspecto, color, olor, sabor o textura (Carrillo et al., 2015).

El proyecto de Mejoramiento Genético del frijol poroto en Panamá a través del mejoramiento convencional y del mejoramiento participativo ponen a disposición de los agricultores de este grano dos nuevas variedades para los productores de este rubro; estas son las variedades IDIAP P-09-11 e IDIAP P-13-38 las que tienen entre sus características mayor contenido de hierro que las variedades criolla Rosado y la mejorada IDIAP R2.

En Colombia BIO-101 y BIO-107, nombres de las nuevas variedades biofortificadas de frijol, son el resultado del trabajo realizado en equipo, de 2013 a 2015, entre Fenalce, Fidar y



el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con fondos de HarvestPlus-LAC, líder en investigación en biofortificación, que forma parte del Programa Global de Investigación en Agricultura para la Nutrición y la Salud del Consorcio, alianza a la que pertenece el CIAT, y cuya misión es mejorar la nutrición y salud pública mediante el desarrollo y promoción de cultivos biofortificados con más vitaminas y minerales (Caracol Radio, 2016).

Tradicionalmente, las variedades de frijol que se vienen cultivando en Colombia contienen en promedio 50 partes por millón (ppm) de hierro y 28 ppm de zinc. Las cifras de las nuevas variedades constituyen toda una ventaja a la hora de brindar una mejor alimentación pues BIO-101 y BIO-107 presentan contenidos superiores al 60% en hierro (82 ppm) y al 50% en zinc (43 ppm), comparadas con las variedades de frijol que se consumen actualmente en el país. Estos resultados corresponden al promedio obtenido de la evaluación realizada en nueve localidades colombianas (Beebe, 2016).

Los hábitos alimenticios de la población son una referencia sociocultural de los distintos pueblos, por lo que actualmente la relación entre la dieta y el estado de salud de las personas han sido determinantes para que los hábitos alimenticios de una población se consideren como un indicador tanto social como de salud (Domínguez, 2007). Por ello es sumamente importante considerar el consumo de alimentos y estudios sobre evaluación sensorial con los consumidores antes de liberar un cultivo biofortificado o lanzar un producto al mercado.

Los objetivos del presente trabajo fueron los de generar líneas de frijol poroto de grano de color rosado, con mayor rendimiento que la variedad criolla, con mayor contenido de hierro y que sean evaluadas y aceptadas por los agricultores para que se conviertan en variedades mejoradas para Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el 2010 se recibieron 16 cruzamientos entre variedades criollas de Panamá por nuevas fuentes de alto hierro. Para la realización de estas cruces se utilizaron como progenitores femeninos el Rosado Criollo y el IDIAP R2 en tanto que como progenitores masculinos fueron líneas de alto contenido de hierro del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cuadro 1.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Cuadro 1. Cruzamientos de frijol poroto para la obtención de líneas de color de grano rosado, Panamá 2010.

| N° de Población | Cruzamiento |
|-----------------|-----------------------------|
| 1 | IDIAP R2 x G23823E |
| 2 | IDIAP R2 x NUA 35 |
| 3 | IDIAP R2 x NUA 45 (I) |
| 4 | PVA 1111 x NUA 45 (I) |
| 5 | PVA 1111 x NUA 430 |
| 6 | PVA 1111 x NUA G23823E |
| 7 | PVA 1111 x NUA 35 |
| 8 | ROSADO CRIOLLO x NUA 56 |
| 9 | ROSADO CRIOLLO x NUA 45 (I) |
| 10 | ROSADO CRIOLLO x NUA 35 |
| 11 | ROSADO CRIOLLO x NUA 428 |
| 12 | ROSADO CRIOLLO x NUA 430 |
| 13 | VELAZCO LARGO x NUA 428 |
| 14 | VELAZCO LARGO x NUA 430 |
| 15 | VELAZCO LARGO x NUA 420 |
| 16 | VELAZCO LARGO x NUA 35 |

La siembra de las primeras F_2 fue realizada en la localidad de Río Sereno y las poblaciones fueron avanzadas hasta la F_5 por selección masal. En la F_5 se seleccionaron 530 líneas, las semillas fueron procesadas y secadas al sol hasta el 12% de humedad.

En la F_6 se evaluaron las líneas generadas y se colocaron testigos tolerantes y susceptibles en el campo, totalizando 718 líneas y variedades evaluadas. Debido a la colocación de los testigos susceptibles y tolerantes a la mustia hilachosa en todo el campo. Se usó una parcela útil de 1 m². Para su análisis se utilizó el Índice de selección, cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$IS = \{ [(Y_j - M_j)^2 * I_j] + [(Y_k - M_k)^2 * I_k] + [(Y_n - M_n)^2 * I_n] \}^{1/2}$$

Donde:

IS = Índice de selección

$Y_{j...n}$ = Variables medidas en unidades Z

$M_{j...n}$ = Meta de selección

$I_{j...n}$ = Intensidad de selección



La meta de selección para el rendimiento fue de dos unidades de la desviación estándar sobre la media general de la población. Mientras que para la mustia hilachosa la meta de selección fue de dos veces menos la desviación estándar del promedio general.

En relación a la intensidad de selección la misma fue realizada dando mayor énfasis al rendimiento (9) que a la enfermedad (6). Con la definición de estos parámetros del modelo se seleccionaron 100 líneas con el mayor índice de selección. Se usó una parcela útil de 5 m².

En el siguiente ciclo agrícola se sembró la generación F₇, el ensayo fue sembrado utilizando el diseño bloques completos al azar con un arreglo Alfa Látice 7x7 cuyo modelo matemático es el siguiente (Vargas et al., 2013).

$$X_{ij} = \mu + \text{rep}_i + \text{Block}_j(\text{rep}_i) + T_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Promedio general

rep_{ij} = Efecto de la jth Repetición

$\text{Block}_j(\text{rep}_i)$ = Efecto de los jth bloque dentro de la ith repetición

T_k = Efecto del kth Tratamiento

ε_{ijk} = Error experimental

Se calculó la repetitividad y el coeficiente de variación para cada variable analizada. Las medias de los genotipos se separaron utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) (Vargas et al., 2013).

Para la interpretación de la interacción de los genotipos con los ambientes se utilizó el modelo Biplot GGE cuyo modelo matemático es el siguiente:

$$Y_{te} = \mu_i + T_t + \beta_e + \sum^n \lambda_n + Y_{tn} + \delta_{en} + P_{ge}$$

Donde:

Y_{te} = Rendimiento promedio de un tratamiento t en un ambiente e

μ_i = Media General

λ_n = Es el valor singular para el PCA



N = Número de PCA retenidos en el modelo

Y_{tn} = Son los valores vectores de los tratamientos (PCA)

T_t = Efecto de las desviaciones de las medias del ambiente

δ_{en} = Son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA)

P_{ge} = Residual

En el año 2015 – 2016 se realizó la prueba de validación de las mejores líneas por su rendimiento, porcentaje de severidad de la mustia hilachosa y contenido de hierro (Fe). Las líneas validadas fueron P-02-29, P-03-25 y P-1404 por su alto rendimiento y las líneas P-09-11, P-13-38 y P-14-04 por su alto contenido de Fe con 88 ppm, 78 ppm y 76 ppm, respectivamente. En el año 2016-2017 se validaron las líneas P-13-38 y P-09-11 y se compararon con la variedad Rosado Criollo.

En las validaciones de las líneas se utilizó el diseño de bloques completos al azar y cuyo modelo matemático es como sigue:

$$X_{ij} = \mu + r_i + T_j + \varepsilon_i$$

Donde:

μ = Promedio general

r_i = Efecto de la i th Repetición

T_j = Efecto del j th tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

En el año 2017-2018 se les entregaron a 140 agricultores las líneas P-09-11 y P-13-38 de las comunidades de Santa Fe, El Cañaveral y Chitra en la provincia de Veraguas, El Ciprian, Virotales, Ocú en la provincia de Herrera, Cerro Mesa, Cerro Tula, Boca del Monte y Cerro Iglesias en la Comarca Ngäbe Buglé, Río Sereno, Caisán y San Andres en la provincia de Chiriquí. Para este propósito se entregó un 1,0 kg de semilla de ambas líneas y fueron comparadas con la variedad utilizada por los agricultores.

Se tomó una muestra de las líneas evaluadas y las mismas se enviaron al laboratorio del CIAT ubicado en Cali Colombia para su análisis por rayos X y determinar el contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn).



La preparación de suelos se realizó utilizando la mínima labranza que consistió en la chapia de las malezas existentes en el lote, a los 15 días se aplicó glifosato en dosis de 0,525 kg i.a./ha, antes de la siembra se utilizaron surcos en el suelo con una azada. Se sembró a una distancia de 0,50 m entre surcos y 0,10 m entre plantas, obteniendo un total de 200,000 plantas/ha. Antes de la germinación, se aplicó glufosinato de amonio en dosis de 300 g i.a./ha, lo que completó el control de las malezas que persistían en el campo.

Para la fertilización se utilizó 113,6 kg/ha de 18-46-0 a la siembra más 181 kg/ha de urea, entre 25 y 30 días después de la siembra (Rodríguez et al., 1995). El control de malezas se realizó a los 25 días después de la siembra, con una aplicación de glufosinato de amonio a razón de 150 g i.a./ha, se asperjó con una bomba de tracción manual. Para complementar, se aplicó fluazifob – butyl a razón de 31 g i.a./ha para el control de malezas de hoja angosta (Gamboa y Alemán, 1995).

El cultivo se mantuvo sin aplicaciones de fungicidas hasta los 45 días de la siembra para poder realizar la evaluación de la mustia hilachosa en las plantas de frijol, luego de completada esta etapa de la investigación se realizó una aplicación de azoxystrobim en dosis de 10 g i.a/ha (Rodríguez, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de Líneas F₆ (2013)

La ganancia genética del grupo de líneas seleccionadas para la variable rendimiento de grano fue de más de una tonelada que representa 1,32 valores de N (valor normalizado). En cuanto a la mustia hilachosa se logró seleccionar un grupo de líneas con 4,9% menos de plantas que presentan los síntomas de la enfermedad en comparación con el promedio de la población, ésta reducción representó una disminución normalizada de 0,92 veces la media general indicando un avance genético en la tolerancia a este patógeno (Cuadro 2).



Cuadro 2. Líneas de frijol poroto de grano rosado, Panamá-2013.

| | Rendimiento | | | Mustia | | |
|--------------------------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| | Población | Selección | Diferencia | Población | Selección | Diferencia |
| Promedio (t ha ⁻¹) | 2,700 | 3,73 | 1,03 | 28,9 | 24,0 | - 4,9 |
| Valor normalizado | | | 1,32 | | | - 0,9 |
| CV (%) | 28,800 | | | 18,3 | | |
| Mínimo (t ha ⁻¹) | 0,336 | | | 10,0 | | |
| Máximo (t ha ⁻¹) | 5,680 | | | 50,0 | | |

Las líneas con índice de selección cercano a cero son las que mejor adaptación tienen a la zona donde se realizó la evaluación porque este valor está en función de la desviación estándar para las dos variables consideradas (Cuadro 3).

Una vez identificadas las 100 líneas por esta metodología, los productores a través del fitomejoramiento participativo seleccionaron 32 líneas tomando en cuenta el color y tamaño de grano. El rendimiento promedio de estas 32 líneas estuvo entre 3,90 y 4,80 t ha⁻¹ (Cuadro 4). Para el siguiente ciclo de evaluación (F₇), se tomaron las líneas seleccionadas por los productores más 10 líneas adicionales seleccionadas en el proyecto y los testigos locales. El fitomejoramiento participativo se basa en el principio de compartir conocimientos, materiales, tareas, responsabilidades, derechos y beneficios, así como en la toma de decisiones sobre el trabajo a realizar. Es una estrategia alternativa al proceso de fitomejoramiento convencional en donde los diferentes actores de la cadena productiva que trabajan juntos en el proceso de desarrollo de variedades y el fortalecimiento de los sistemas locales de producción de semillas (FPMA, 2014).

Evaluación de líneas F₇ (2014)

El cuadrado medio indicó que hubo diferencias significativas para todas las variables para los tratamientos o líneas evaluadas. La repetitividad para rendimiento y evaluación de la mustia fue de 0,25 y 0,45, respectivamente (Cuadro 5). Ambos valores sugieren buena precisión experimental de acuerdo a lo discutido por Gordón y Camargo (2015). Igualmente, indica que las líneas están emparentadas entre sí y que la contribución genética para la mustia hilachosa es mayor que para el rendimiento.



Cuadro 3. Las mejores 20 líneas por su índice de selección en función al porcentaje de severidad de la mustia hilachosa y rendimiento de grano (t ha⁻¹), Panamá-2013.

| Entrada | Índice de Selección | Mustia (% de Sev) | Rend (t ha ⁻¹) | Entrada | Índice de Selección | Mustia (% de Sev) | Rend (t ha ⁻¹) |
|---------|---------------------|-------------------|----------------------------|---------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| 572 | 0,809 | 20 | 4,220 | 556 | 2,253 | 20 | 3,709 |
| 84 | 0,824 | 20 | 4,308 | 180 | 2,485 | 20 | 3,645 |
| 65 | 0,875 | 20 | 4,162 | 178 | 3,126 | 25 | 4,205 |
| 86 | 1,367 | 20 | 3,967 | 675 | 3,128 | 25 | 4,196 |
| 85 | 1,470 | 20 | 3,935 | 514 | 3,138 | 25 | 4,167 |
| 421 | 1,538 | 20 | 3,914 | 412 | 3,143 | 25 | 4,353 |
| 99 | 1,545 | 20 | 3,912 | 564 | 3,163 | 25 | 4,389 |
| 73 | 1,832 | 15 | 3,991 | 420 | 3,188 | 25 | 4,424 |
| 181 | 1,907 | 20 | 3,806 | 428 | 3,189 | 25 | 4,084 |
| 183 | 1,935 | 20 | 3,798 | 425 | 3,197 | 25 | 4,074 |

Cuadro 4. Las mejores líneas seleccionadas por su rendimiento en t ha⁻¹ a través del índice de selección - Panamá, 2013.

| Línea | Índice de selección | Rendimiento (t ha ⁻¹) | Línea | Índice de selección | Rendimiento (t ha ⁻¹) |
|----------|---------------------|-----------------------------------|---------|---------------------|-----------------------------------|
| P-16-14 | 3,875 | 4,850 | P-02-31 | 3,197 | 4,074 |
| P-02-20 | 3,404 | 4,607 | P-06-09 | 3,197 | 4,074 |
| P-07-23 | 3,524 | 4,552 | P-13-35 | 3,200 | 4,070 |
| P-03-23 | 3,188 | 4,424 | P-06-18 | 5,503 | 4,042 |
| P-11-25 | 3,163 | 4,389 | P-02-12 | 5,509 | 4,037 |
| P-16-40 | 5,463 | 4,379 | P-07-05 | 5,509 | 4,032 |
| P-05-20 | 5,456 | 4,358 | P-16-42 | 3,239 | 4,029 |
| P-05-37 | 3,143 | 4,353 | P-03-20 | 5,515 | 4,023 |
| P-03-13 | 5,451 | 4,338 | P-15-32 | 5,520 | 4,014 |
| P-16-50 | 5,451 | 4,338 | P-02-06 | 5,524 | 4,009 |
| P-16-17 | 0,824 | 4,308 | P-14-42 | 5,524 | 4,009 |
| P-16-12 | 0,809 | 4,220 | P-14-44 | 3,265 | 4,005 |
| P-03-02 | 3,126 | 4,205 | P-16-44 | 3,265 | 4,004 |
| P-14-17 | 3,128 | 4,196 | P-11-34 | 3,262 | 4,000 |
| P-03-01 | 3,138 | 4,167 | P-16-13 | 5,543 | 3,981 |
| P-16-42 | 0,875 | 4,162 | P-07-14 | 5,550 | 3,972 |
| Rosado C | | 2,100 | | | |

Cuadro 5. Varianza y repetitividad de las líneas de frijol poroto, Panamá-2014.

| | Rendimiento | % de severidad de la mustia | Plantas/m ² | Rendimiento /planta |
|----------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| promedio | 2,930 | 30,2 | 15,02 | 196,49 |
| δ² repetición | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| δ² rep x blk | 0,019 | 9,627 | 0,186 | 70,03 |
| δ² ratamientos | 0,014 | 30,189 | 0,001 | 174,56 |
| δ² residual | 0,132 | 112,393 | 2,238 | 714,84 |
| Repetitividad | 0,25 | 0,45 | 0,001 | 0,42 |
| CV | 12,4 | 34,9 | 9,95 | 13,6 |



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Cuadro 6. Rendimiento y severidad de mustia hilachosa en las líneas de frijol poroto, Panamá 2014.

| Entrada | Rendimiento (t ha ⁻¹) | % de severidad de la mustia | Entrada | Rendimiento (t ha ⁻¹) | % de severidad de la mustia |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------------|
| P 02-29 | 3,389 | 13,5 | P 09-08 | 2,915 | 38,3 |
| P 16-45 | 3,389 | 21,7 | P 15-11 | 2,908 | 27,2 |
| P 11-10 | 3,325 | 25,8 | P 06-04 | 2,889 | 42,0 |
| P 14-31 | 3,317 | 18,8 | P 07-20 | 2,875 | 32,5 |
| P 11-06 | 3,279 | 20,8 | P 13-26 | 2,869 | 29,9 |
| P 17-11 | 3,261 | 16,0 | P 12-21 | 2,858 | 30,4 |
| P 11-50 | 3,259 | 16,6 | P 06-31 | 2,839 | 32,5 |
| P 16-26 | 3,256 | 15,2 | P 13-38 | 2,829 | 24,4 |
| P 10-22 | 3,222 | 16,2 | P 07-09 | 2,821 | 30,6 |
| P 16-41 | 3,183 | 24,8 | P 10-08 | 2,818 | 30,7 |
| P 03-25 | 3,178 | 29,5 | P 11-15 | 2,804 | 37,1 |
| P 13-20 | 3,156 | 40,7 | P 14-08 | 2,797 | 32,4 |
| P 16-13 | 3,091 | 31,9 | P 09-11 | 2,792 | 19,1 |
| P 09-22 | 3,083 | 28,2 | P 16-31 | 2,695 | 38,1 |
| P 11-13 | 3,073 | 26,9 | P 11-37 | 2,637 | 50,4 |
| P 02-14 | 3,066 | 17,8 | P 11-16 | 2,637 | 39,7 |
| P 16-07 | 3,063 | 37,3 | IDIAP R2 | 2,636 | 17,0 |
| P 14-03 | 2,991 | 18,8 | P 05-31 | 2,588 | 26,3 |
| P 09-13 | 2,959 | 28,2 | P 16-01 | 2,576 | 48,5 |
| P 16-40 | 2,959 | 26,9 | P 10-21 | 2,540 | 38,0 |
| P 05-26 | 2,953 | 29,3 | ROSADO | 2,231 | 53,0 |
| P 14-04 | 2,947 | 29,8 | P 10-23 | 2,192 | 35,1 |
| P 06-35 | 2,939 | 25,0 | P 11-11 | 2,139 | 36,9 |

Análisis del contenido de Fe y Zn en el grano:

En base al análisis de contenido de hierro sobresalieron las líneas P-09-11, P-13-38, P-11-37 y P-14-04 con 87,3; 77,7; 76,2 y 74,8 ppm de Fe (Cuadro 7). El coeficiente de variación fue de 17,2% para el rendimiento y 2,4% para la mustia hilachosa, respectivamente. Las líneas con mayor contenido de hierro junto a las líneas P-03-25 y P-02-29, por sus características de color, tamaño del grano y rendimiento de 3,178 y 3,389 t ha⁻¹, respectivamente.

En Guatemala el Instituto de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (ICTA), liberó la variedad de frijol ICTA Superchiva ACM en el 2014, con 40-50% más de hierro que las variedades disponibles, y dicha variedad se diseminó el mismo año para promover su uso



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

y consumo a manera de contribuir a la reducción de deficiencias de hierro (Reyes et al., 2016). Las variedades liberadas en Panamá tienen entre 75 ppm y 77 ppm de hierro en las variedades de frijol tipo calima y se tiene una línea rosada con 88 ppm de hierro.

En Colombia por su parte se estudió la estabilidad del hierro y zinc en la semilla del frijol. Los resultados sugieren que los contenidos de Fe y Zn se mantuvieron dentro del rango de biofortificación (Zn>25 ppm; Fe>80 ppm) a pesar de los registros sobre el efecto de la interacción GXA, tipo y composición química edáfica; posiblemente debido a efectos genéticos en las variedades evaluadas. Se sugiere la liberación de dos nuevas variedades para el caribe seco de Colombia, CORPOICA Rojo 39 y CORPOICA 43 (Tofiño et al., 2016).

Cuadro 7. Contenido de hierro (Fe) y zinc (Zn) de las líneas de frijol poroto, Panamá-2014.

| Línea | Fe (ppm) | CV | Zn (ppm) | CV |
|---------------|--------------|------|-----------|------|
| P-09-11 | 88,0 ±0,9192 | 1,05 | 32,5±0,3 | 1,09 |
| P-13-38 | 78,0 ±0,9 | 1,18 | 32,0±0,2 | 2,87 |
| P-11-37 | 76,2 ±0,7 | 0,09 | 30,0±0,2 | 0,71 |
| P-14-04 | 74,8 ±0,4 | 0,57 | 31,5±0,2 | 0,67 |
| P-03-25 | 69,8 ±0,1 | 0,10 | 34,8±2,1 | 5,89 |
| NUA 24 | 69,4 ±0,8 | 1,12 | 33,8±0,1 | 0,42 |
| P-02-29 | 69,0 ±0,3 | 0,41 | 31,5±1,9 | 6,06 |
| P-11-16 | 66,4±0,6 | 0,85 | 33,2±0,1 | 0,43 |
| P-11-13 | 66,0 ±1,01 | 1,61 | 30,6±0,8 | 2,77 |
| NUA 45 | 65,9 ±1,7 | 2,58 | 35,7±0,6 | 1,58 |
| P-09-08 | 65,0 ±0,6 | 0,98 | 28,4±1,2 | 4,23 |
| P-16-26 | 65,0 ±1,1 | 1,63 | 30,9±0,2 | 0,69 |
| P-16-31 | 64,9 ±2,0 | 3,05 | 31,2±1,3 | 4,31 |
| P-07-09 | 64,8 ±0,5 | 0,76 | 31,7±1,1 | 3,35 |
| P-13-20 | 64,7 ±0,1 | 0,22 | 27,9±0,07 | 0,25 |
| IDIAP R-2 | 62,2 ±0,9 | 1,59 | 35,6±0,4 | 1,19 |
| Rosado FAO | 56,4 ±0,7 | 1,25 | 29,9±1,2 | 4,02 |
| Rosado Caisán | 55,2 ±0,2 | 0,38 | 32,5±0,4 | 1,31 |

Validación de variedades (2015)

En el análisis de varianza practicado se encontró que las localidades, los tratamientos y las localidades x tratamiento presentaron diferencias altamente significativas entre sí (P≤ 0,01) (Cuadro 8).



Cuadro 8. Análisis de varianza para la validación de las variedades, Panamá 2015-16.

| FV | gl | CM | valor de F | Probabilidad |
|--------------|----|--------|------------|--------------|
| Localidades | 4 | 14,689 | 239,6 | 0,0001 |
| Rep(Loc) | 10 | 0,061 | 0,85 | 0,5805 |
| Tratamientos | 7 | 0,961 | 13,37 | 0,0001 |
| Loc x Trat | 28 | 0,363 | 5,05 | 0,0001 |

Para la interpretación de la interacción genotipo ambiente (Loc x Trat) se utilizó el análisis Biplot GGE, el análisis de varianza tipo IV descompuso la interacción y en el mismo se encontró que los primeros dos Ejes de los Compogynentes Principales explicaron el 91,7% de la interacción (Cuadro 9).

El análisis de los dos grupos de localidades, el primero o Grupo Ambiental A conformado por las localidades de Las Minas de Herrera, Cerro Mesa en la comarca Ngäbe Buglé, San Andrés en Chiriquí y Santa Fe de Veraguas; sobresalió la variedad P 13-38; mientras que en el segundo grupo o Grupo Ambiental B estuvo formado por la localidad de Río Sereno en Chiriquí, sobresalió la variedad P 03-25 (Figura 1).

Cuadro 9. Análisis de varianza tipo IV para el Biplot GGE para la validación de las variedades, Panamá, 2015-16.

| FV | gl | CM | valor de F | Probabilidad | Porcentaje |
|-----------|----|-------|------------|--------------|------------|
| AMBIENTES | 4 | 14,69 | 204,33 | 0,001 | |
| GENOTIPOS | 7 | 0,96 | 13,37 | 0,001 | |
| ENV*GEN | 28 | 0,36 | 5,05 | 0,001 | |
| CP1 | 10 | 0,966 | 13,44 | 0,001 | 57,2 |
| CP2 | 8 | 0,729 | 10,14 | 0,001 | 34,5 |

Cuando se preguntó a los agricultores la variedad que preferían por su color y tamaño del grano indicaron que de las tres variedades biofortificadas prefieren la P-09-11, en tanto que, de las líneas con alto rendimiento prefieren la P-13-38. La línea biofortificada seleccionada es la que mayor contenido de hierro tiene lo que puede utilizarse como una razón adicional para su posterior liberación como variedad (Figura 2).



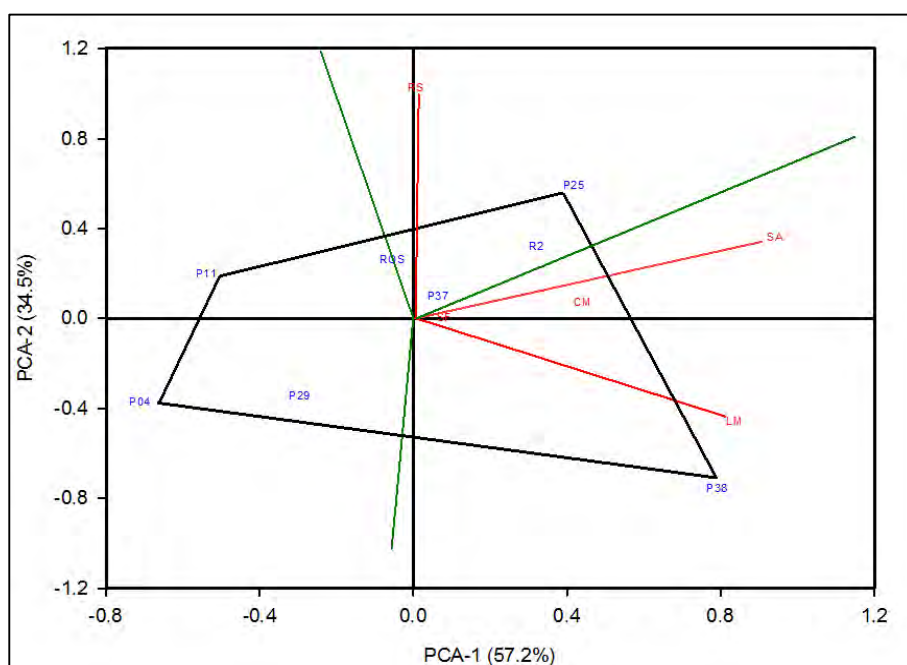


Figura 1. Análisis Biplot GGE - Panamá, 2015-16.

Validación 2017

Cuando se realizó el análisis de varianza Tipo III se encontró diferencia altamente significativa para las localidades en estudio y localidad por tratamiento ($p \leq 0,0172 - 0,00019$) y no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ni para localidades dentro de las repeticiones ($p \geq 0,3219 - 0,9919$), es decir todas las variedades fueron iguales (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza tipo III para la validación de nuevas variedades de frijol poroto en Panamá.

| FV | gl | SC (Tipo III) | CM | F-Valor | Probabilidad |
|-------------|----|---------------|------|---------|--------------|
| LOCALIDAD | 5 | 32,70 | 6,54 | 141,98 | 0,0001 |
| REP(LOC) | 12 | 0,55 | 0,05 | 0,53 | 0,8819 |
| TRATAM. | 3 | 0,32 | 0,11 | 1,2 | 0,3219 |
| LOC*TRATAM. | 15 | 3,10 | 0,21 | 2,37 | 0,0172 |

Cuando se utilizó el LSD se observó que el rendimiento de todas las variedades fue menor al promedio más el LSD, lo que nos indicó que no son diferentes entre sí los tratamientos en estudio. Se observó que la repetitividad es baja debido a que la diferencia entre los tratamientos es poca, por tanto, la desviación estándar tenderá a ser cero (Cuadro 11).



Cuadro 11. LSD y repetitividad para los tratamientos en estudio en la validación de líneas de frijol poroto.

| Tratamiento | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | PTM ² | Rend x planta |
|---------------|------------------------------------|------------------|---------------|
| P-09-11 | 1,939 | 87,5 | 10,59 |
| IDIAP R2 | 1,870 | 87,17 | 10,38 |
| ROSADO | 1,792 | 84,72 | 9,94 |
| P-13-38 | 1,773 | 87,33 | 9,61 |
| Promedio | 1,844 | 86,68 | 10,13 |
| LSD | 0,293 | 3,69 | 1,68 |
| Repetitividad | 0,001 | 0,03 | 0,001 |
| DMS/Rango | 1,76 | 1,33 | 1,73 |
| CV | 15,04 | 5,00 | 14,64 |

Se practicó el análisis Tipo IV y componentes principales para el rendimiento de grano de las variedades estudiadas y se encontró que los ambientes son diferentes entre sí, así como los genotipos por ambientes. Los genotipos o variedades fueron iguales (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza Tipo IV y componentes principales (PCA) para la variable rendimiento de grano, validación de variedades de frijol poroto, Panamá 2016-2017.

| FV | gl | SC (Tipo IV) | CM | Probabilidad F |
|-----------|----|--------------|-------|----------------|
| AMB | 5 | 32,70 | 6,54 | 0,001 |
| GEN | 3 | 0,32 | 0,11 | 0,32 |
| GEN x AMB | 15 | 3,10 | 0,21 | 0,02 |
| PCA-1 | 7 | 2,58 | 0,368 | 0,02 |
| PCA-2 | 5 | 0,73 | 0,146 | 0,16 |
| Residuo | 4 | 0,10 | 0,026 | |

Se realizó el análisis Biplot con el que se explica el 97% de la variación genética en el experimento (Figura 2), y se forman tres grupos de localidades, el primer grupo y más grande de todos formados por las localidades de Cerro Mesa, Boca del Monte, en la comarca Ngäbe Buglé; El Alto y El Pantano en Santa Fe de Veraguas, el Cipriam forma un segundo grupo y la localidad de las playitas en tercer grupo para este estudio. En el primer grupo sobresale la variedad IDIAP R2, en tanto que en el segundo aparece la variedad P-09-11 las que están por encima de la media y en el tercero aparece la variedad P-13-38 la que está por debajo de la media.



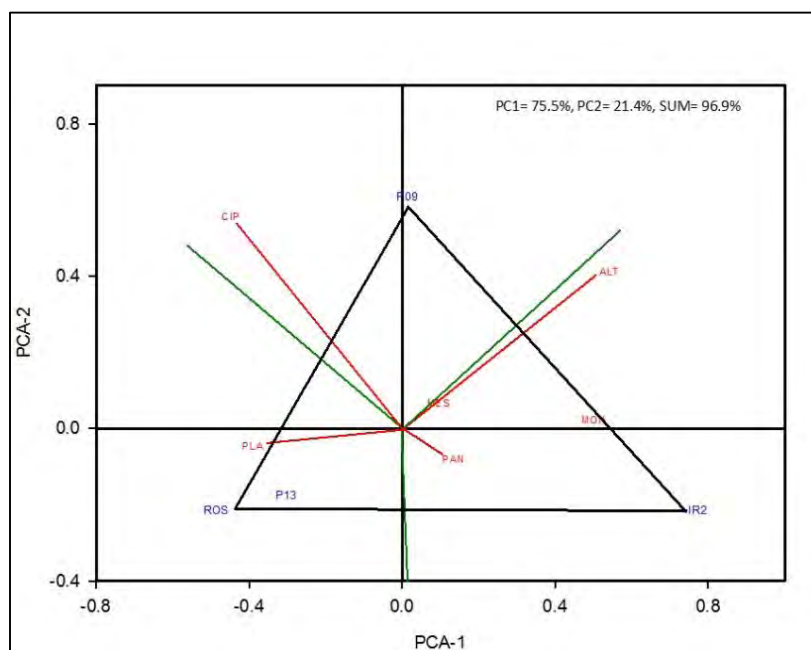


Figura 2. Biplot GGE para los rendimientos en las diferentes localidades estudiadas, Panamá-2017.

Análisis sensorial 2017

Como resultado de la encuesta se encontró que el 51,9% eran provenientes de localidades campesinas y el 48,1% de localidades indígenas. El 77,8% de los participantes manifestaron que el frijol poroto es uno de los cultivos principales para la siembra; el 97,2% consumen el frijol poroto, donde el 76,8% lo consume más de dos a cuatro veces a la semana, lo que demuestra que el frijol poroto es un cultivo y alimento básico para este grupo de consumidores. Coincidiendo con el Análisis de la situación Alimentaria en Panamá realizado en base a los datos de la Encuesta de Niveles de Vida del 2008, donde el consumo de leguminosas en zonas urbanas y rurales fue del 85%, siendo la leguminosa más usada por los hogares indígenas el frijol en más del 50% (INCAP, 2011).

Evaluación participativa 2018

En el año agrícola 2017-18 se realizó la evaluación participativa y fueron analizados 75 datos correspondientes a los agricultores que completaron la información solicitada.

En este análisis al comparar el cultivar P-13-38 con el testigo del productor (Rosado, Chileno, IDIAP NUA 24, IDIAP NUA 45 o IDIAP R2) se midió la homogeneidad de la varianza por el método de Bonet y Levene y se encontró que para ninguno de los dos



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

métodos hay significancia ($P \geq 0,197$ y $0,163$); se corrió la prueba de t y se acepta la hipótesis alternativa la que indica que ambos cultivares son iguales ($P \geq 0,820$) (Figura 3). El cultivar P-13-38 tienen 78 ppm de Fe, el cual supera al testigo del productor en un 56% de este elemento, lo que proporciona un valor agregado por ser un alimento con mayor contenido de hierro (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba de homogeneidad de varianza para los cultivares P-13-38 vs testigo del productor, Panamá-2018.

| Método | Estadística de prueba | gl 1 | gl 2 | Valor p |
|--------|-----------------------|------|------|---------|
| Bonett | 1,67 | 1 | | 0,197 |
| Levene | 1,97 | 1 | 136 | 0,163 |

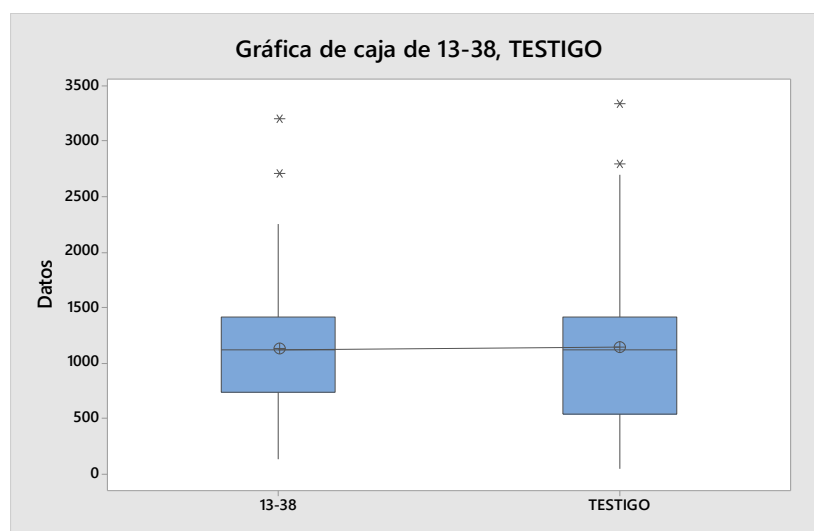


Figura 3. Rendimientos del Cultivar P-13-38 y el testigo del Productor, Panamá-2018.

Cuando se realiza la prueba de homogeneidad de varianza de los cultivares P-09-11 y el testigo del productor se encontraron diferencias significativas para las mismas, ($P \geq 0,011$ y $0,014$) lo que indica que los datos no tienen distribución normal sino continua (Cuadro 14), cada dato fue analizado por separado y se le practicó una prueba de t y no se encontraron diferencias significativas para los datos ($P \geq 0,086$), Cuadro 15. La diferencia está en el contenido de Fe, ya que este cultivar tiene 88 ppm del elemento lo que representa un 76% más hierro que el testigo del productor, lo que representa una ventaja.



Cuadro 14. Prueba de homogeneidad de varianza para los cultivares P-09-11 vs Testigo del Productor, Panamá-2018.

| Método | Estadístico de Prueba | gl 1 | gl 2 | Valor p |
|--------|-----------------------|------|------|---------|
| Bonett | 6,55 | 1 | | 0,011 |
| Levene | 6,26 | 1 | 136 | 0,014 |

Cuadro 15. Prueba de t para el análisis de las variedades P-09-11 vs el testigo del productor, Panamá-2018.

| Valor t | gl | Valor p |
|---------|-----|---------|
| -1,73 | 108 | 0,086 |

CONCLUSIONES

- Se generaron líneas provenientes de cada cruzamiento, se evaluaron y analizaron seleccionando las líneas más prometedoras. Se validaron en campos de productores por dos años consecutivos resultando las líneas P-09-11 y P-13-38 como las líneas con la mayor cantidad de características exigidas por los agricultores.
- A través del Fitomejoramiento Participativo se demostró que las nuevas variedades son iguales al testigo utilizado por el productor.
- Los cultivares P-09-11 y P-13-38 tiene contenidos de 88 ppm con 78 ppm de hierro comparadas al Rosado Criollo o IDIAP R 2 que tienen entre 50 ppm y 55 ppm de Fe.
- El cruzamiento con el mayor rendimiento fue VELAZCO LARGO x NUA 35 y el que contribuyó a disminuir el porcentaje de severidad de la mustia hilachosa fue IDIAP R2 x NUA 35.



BIBLIOGRAFÍA

- Beebe, S. 2016. Lanza nuevas variedades de frijol para mejorar la alimentación de los colombianos y responder al cambio climático. <http://blog.ciat.cgiar.org/es/lanzan-nuevas-variedades-de-frijol-para-mejorar-la-alimentacion-de-los-colombianos-y-responder-al-cambio-climatico/> (consultado 5 de abr. 2018).
- Caracol Radio. 2016. CIAT lanza dos nuevas variedades de frijol biofortificado. http://caracol.com.co/emisora/2016/06/10/cali/1465588193_117084.html (consultado 5 abr. 2018).
- Carrillo P., S. Gallego, E. Talsma. 2015. Manual de campo: Evaluación Sensorial de Cultivos biofortificados. CIAT, Colombia. 45 p.
- Domínguez, M. 2007. Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Agrosalud, Lima. 45 p.
- FPMA (Programa Colaborativo de Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica). 2014. Guía Metodológica de Fitomejoramiento Participativo. 74 p.
- Gamboa, C.J., y F. Alemán. 1995. Manejo Integrado de Malezas en Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, C, CIAT. 65 p.
- Gordón, R., y I. Camargo. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. Agr Mesoamericana 26(1):55-63.
- HarvestPlus. 2014. Annual Report 2014. <https://www.harvestplus.org/category/resource-type/report?page=1> (consultado 05 abr. 2018)
- HarvestPlus. 2006. Biofortified Beans. http://r4d.dfid.gov.uk/pdf/outputs/misc_crop/beans.pdf (consultado 05 abr. 2018).



- Haas, J.D., S.V. Luna, M.G. Lung'aho, M.J. Wenger, L.E. Murray, S. Beebe, J.B. Gahutu, and I.M. Egli. 2016. Consuming Iron Biofortified Beans Increases Iron Status in Rwandan Women after 128 Days in a Randomized Controlled Feeding Trial. *J. Nutr.* 146(8): 1586-1592.
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 2011. Análisis de la Situación Alimentaria en Panamá. 73 p. www.incap.int/index.php/es/.../660-panama-informe-analisis-de-situacion-alimentaria (consultado 5 dic. 2018).
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2012. Interpretando los patrones de Crecimiento. www.who.int/childgrowth/training/c_interpretando.pdf (consultado 18 nov. 2016).
- Pachón, H. 2009. El Impacto Nutricional de Cultivos Biofortificados o Cultivos con Mayor Calidad Nutricional. Proyecto Agro salud. CIAT, CO.
- Reyes B., C. Gonzáles, S. Pérez, y M. Vazquez. 2016. Aceptabilidad de variedad de frijol con alto contenido de hierro: el caso de icta superchiva en Guatemala. PCCMCA. Memoria. Costa Rica.
- Rodríguez, E., R. De Gracia., y F. González. 1995. Poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) Guía Técnica para su Cultivo. IDIAP. Panamá. 27 p.
- Rodríguez, E. 2012. Producción de semilla de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) con tecnología amigable con el ambiente.
- Rodríguez, E., R. Gordon, y F. González. 2016. Líneas de frijol poroto biofortificado de grano rosado en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*. No. 24: 35-51
- Tofiño, A., R. Tofiño, y I. Pastrana. 2016. Estabilidad del contenido de micronutrientes de variedades biofortificadas de frijol en el caribe Colombiano 2016. PCCMCA. Memoria. Costa Rica.



Vargas, M., y J. Crossa 2013. Meta: A Suite of SAS Programs to Analyze Multienviroment Breeding Trials. Agronomy Journal. Volumen (105): 11-19.

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., y Elías, L. G. 1989. Métodos Sensoriales Básicos Para La Evaluación De Alimentos. Departamento de Alimentos y Nutrición, Facultad de Ecología Humana (Vol. 1).



ANTICUERPOS DE YEMA DE HUEVO Y NÚCLEO PROTEICO EN LA ALIMENTACIÓN DE LECHONES¹

*Ana Belly Aguilar-Vázquez²; Ramón Florencio García-Castillo²;
Jaime Salinas-Chavira³; Ramiro López-Trujillo²; Jorge Ramsy Kawas-Garza⁴;
Sara Minerva García-Escudé²*

RESUMEN

Cuarenta y ocho lechones de cruce Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire de 35 d y 6,34 ±0,200 kg. Se alimentaron por 36 d, para evaluar cuatro tratamientos: T1 (control), sin anticuerpos de yema de huevo/sin Nupro®, (SY/SN); T2, con anticuerpos de yema de huevo/sin Nupro (CY/SN); T3, sin anticuerpos de yema de huevo/con Nupro (SY/CN) y T4, con anticuerpos de yema de huevo (CY)/con Nupro (CY/CN). Las dietas isoproteicas (21,0%) e isoenergéticas (3,4 Mcal EM/kg). Al finalizar se tomaron medidas zoométricas: altura a la cruz; longitud de tuberosidades, circunferencia torácica y espesor de grasa dorsal. Posteriormente, tres lechones por tratamiento fueron sacrificados humanitariamente para evaluar la canal. Se tomó peso de; sangre, pulmones, corazón, bazo, hígado y riñones, órganos abdominales, estómago y tracto gastrointestinal. Se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2. La adición de anticuerpos de yema de huevo (IgY), Nupro y ambos a las dietas no afectaron ($P \geq 0,05$) el peso al sacrificio, ni peso y rendimiento de la canal caliente y fría. Se observó menor ($P \leq 0,05$) altura a la cruz (cm) en los animales que recibían ambos aditivos con respecto al tratamiento control; encontrando los siguientes valores (cm): 36,11; 34,29; 33,11 y 34,88 para SY/SN, CY/SN, SY/CN y CY/CN, respectivamente. En longitud de tuberosidades (cm) se observó diferencia significativa ($P \leq 0,01$) para los niveles IgY, Nupro y ambos. Se obtuvo la mejor combinación (SY/SN) 45,03 cm. La adición de IgY, Nupro y ambos disminuyeron la longitud de tuberosidades hasta 15,5% con respecto al grupo control.

Palabras claves: Dieta alimenticia, medidas zoométricas, características de la canal, grasa dorsal, cerdos.

¹ Recepción: 8 de mayo de 2019. Aceptación: 11 de septiembre de 2019.

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. De Nutrición Animal. Calzada Antonio Narro, No. 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. e-mail: gacr430421@gmail.com

³ Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

⁴ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Escobedo, Nuevo León, México.



ANTIBODIES OF EGG YOLK (IGY) AND PROTEIN CORE (NUPRO) IN THE FEEDING OF PIGLETS

ABSTRACT

Forty-eight crossbreed piglets (Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire) of 35 d and $6,34 \pm 0,200$ kg, were fed by 36 d, to evaluate four treatments: T1 (control), no antibodies from egg yolk/No Nupro® antibodies (NIgY/NN); T2, with antibodies from egg yolk/without NuPro® antibodies (IgY/NN); T3, no antibodies from egg yolk/with Nupro® antibodies (NIgY/N) and T4, with antibodies from egg yolk/with NuPro® antibodies (IgY/N). Diets contained similar concentration of crude protein (21,0%), and metabolizable energy (3,4 Mcal ME/kg feed). At the end of the experiment zoometric measures were taken height at withers; tuberosity's length, chest circumference and backfat thickness. Subsequently, three piglets per treatment were humanely sacrificed to evaluate carcass yields, weight of blood, lungs, heart, spleen, liver, and kidneys, abdominal organs, stomach and gastrointestinal tract were taken. A completely randomized design with a 2x2 factorial arrangement was used for data analysis. Addition of IgY, Nupro and both, did not affect ($P > 0,05$) the slaughter weights, and weights of hot and cold carcass. Lower ($P \leq 0,05$) wither height (cm) was observed in animals receiving both additives in relation with animals of the control; It was found the following values 36,11; 34,29; 33,11 and 34,88 for NIgY/NN, IgY/NN, NIgY/N and IgY/N, respectively. The addition of IgY, Nupro and both decreased ($P \leq 0,05$) the tuberosity's length by 15,5% compared to the control group. Chest diameter (cm) and backfat thickness (mm) were not different ($P \geq 0,05$) between treatments.

Key words: Diet, zoometric measures, carcass characteristics, dorsal fat, pigs.

INTRODUCCIÓN

La calidad de la carne de cerdo es un producto que está asociado con todas las fases de producción; inicio, crecimiento y engorde o finalización. Y la calidad de éstos se deben a factores como excelente formulación y elaboración de los alimentos balanceados, genética, aplicación de medicamentos, manejo antes y después del sacrificio e inocuidad alimentaria. Por otro lado, la demanda de carne orienta y prefiere un producto de calidad magra. Por ende, el productor de carne de cerdo debe establecer y presentar al mercado; animales con mejor calidad de la canal, rendimiento de corte y calidad de tejido magro (Quintero-Moreno et al., 1996). Por lo cual, el rendimiento en canal, así como la grasa dorsal, son evaluaciones básicas e indicativas para determinar la calidad de tejido magro. Además, la industria porcina debe alimentar y preparar cerdos para abasto. Para esto es necesario alimentar y manejar esta especie en todas las etapas y ofrecer alimentos que



estimulen consumo, mejoren sus órganos vitales, que mantengan y provean inmunidad en todas sus fases. Con estas condiciones producirá más carne y menos grasa (NRC, 1998). Estas variables son de gran importancia para mantener una producción porcina económicamente rentable (Quintero-Moreno et al., 1996; Cera et al., 1988). Ya que el destete como tal y posterior al destete en el lechón se presenta un periodo que disminuye el consumo de alimento y comportamiento productivo (Cera et al., 1988).

Productos o anticuerpos como yema de huevo de gallina (IgY[®]) y núcleo proteico (NuPro[®] Alltech de México S.A. de C.V.); mantienen en condiciones apropiadas el sistema inmunológico de los cerdos (Marquardt, 2011); además, incrementan el tamaño de los órganos digestivos (García-Castillo et al., 2014) mejora el metabolismo energético y del nitrógeno, mejora la morfología intestinal, altura y maduración de las vellosidades del intestino y disminuye los desórdenes intestinales (García-Castillo et al., 2014; Marquardt, 2011; Castillo, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar dietas a contener yema de huevo (IgY) y núcleo proteico (NuPro[®]) en alimentación de lechones y evaluar su respuesta en peso al sacrificio, peso y rendimiento de canal caliente y fría, espesor de grasa dorsal, medidas zoométricas, peso de órganos vitales y abdominales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de trabajo

Esta investigación se realizó en la Unidad Metabólica y el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila a 7 km al Sur de la Ciudad de Saltillo. Su localización geográfica 25° 22' N, 101° 00' O, altitud 1742 msnm. El clima de la región es BSokx'(w) (e) que se caracteriza por ser seco o árido, el más seco de los BS, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, precipitación media anual de 175 mm y temperatura media anual de 17,7° C (García, 1987).

Animales experimentales

Cuarenta y ocho lechones de traspatio de 35 d de edad y 6,34 ± 0,200 kg PV promedio; provenientes de cerdas de traspatio y genotipos comerciales (Duroc, Landrace, Yorkshire, Hampshire). Los lechones fueron pesados al inicio y al finalizar la investigación.



Los requerimientos nutricionales para animales de esta edad y peso se establecieron de acuerdo al (NRC, 1998).

Dietas experimentales y tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos con tres repeticiones de cuatro lechones cada una. Cada repetición fue considerada una unidad experimental. El testigo T1, sin yema/sin Nupro, (SY/SN); T2, con yema/sin Nupro (CY/SN); T3, sin yema/con Nupro (SY/CN) y T4, con yema/con Nupro (CY/CN). El alimento ofrecido (Cuadro 1), se preparó y se proporcionó *ad libitum* (NRC, 1998). Las dietas ofrecidas eran isoproteicas 21,0% e isoenergéticas 3,4 Mcal EM/kg de alimento. El contenido de lisina-1,3; Ca-0,85 y P-0,7%; fueron estimados en base a valores reportados en la tabla de composición de alimentos (NRC, 1998).

Cuadro 1. Componentes de las dietas conteniendo yema de huevo IgY, Nupro y ambos para la alimentación de lechones en la etapa de inicio.

| Ingredientes (kg) | SY/SN | CY/SN | SY/CN | CY/CN |
|---------------------------|-------|--------|-------|--------|
| Sorgo molido | 590 | 590 | 590 | 590 |
| Harina de soya | 262,0 | 260,75 | 222,0 | 220,75 |
| Aceite de soya | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Suero de leche | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Harina de pescado | 30 | 30 | 30 | 30 |
| DUOTEK ^a | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Nutriplex MB ^b | 30 | 30 | 30 | 30 |
| NuPro ^{®c} | 0 | 0 | 40 | 40 |
| AOVA ^d | 0 | 1,25 | 0 | 1,25 |
| Total | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

^aDUOTEK; Compuesto orgánico Aluminosilicato.

^bNutriplex MB; Mezclas base para cerdos en todas las etapas fisiológicas y productivas.

^cNuPro[®]; Derivado del extracto de levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

^dAOVA: Inmunoglobulina de yema de huevo de gallina IgY[®].

La investigación tuvo una duración de 36 d. Al finalizar el experimento se tomaron medidas zoo-métricas: altura a la cruz (del suelo al punto más culminante de la cruz); longitud de tuberosidades (de la articulación escápula-humeral hasta la punta de la grupa o coxo femoral) y circunferencia torácica (de la base de la cruz pasando por la base ventral del esternón y volviendo a la base de la cruz, formando un círculo recto alrededor de los planos costales). La medición del espesor de la grasa dorsal se realizó con un equipo de ultrasonido (Marca Draminski Backfat Scanner, Pig Grading Equipment, Draminski electronics in Agriculture, Owocowa 17, 10-860 Olsztyn, Polonia). Posteriormente, se escogió al azar un animal de cada repetición (tres por tratamiento) para ser sacrificado humanitariamente y evaluar la canal. Se tomó el peso al sacrificio, peso de la canal caliente



y peso de la canal frío. El rendimiento de la canal caliente y canal frío, fue el peso canal caliente y/o peso canal frío, como porciento del peso al sacrificio. También se tomó peso por separado de los órganos vitales: sangre, pulmones, corazón, bazo, hígado, y riñones; y órganos abdominales: estómago y tracto gastrointestinal (intestino grueso e intestino delgado) a los cuales se les tomó el peso.

Análisis estadístico

Para analizar estadísticamente los resultados; se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 (dos niveles de anticuerpos y dos niveles de Nupro; de acuerdo al Modelo matemático con los efectos, $Y_{ijk} = u + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$ (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la canal

La adición de anticuerpos de yema de huevo (IgY), Nupro y ambos a la dieta de los cerdos no afectaron el peso al sacrificio, y peso y rendimiento de la canal caliente y fría, ya que no fueron diferentes ($P \geq 0,05$) entre tratamientos. Los pesos al sacrificio, peso de la canal caliente y peso de la canal fría se vieron disminuir a efecto de la inclusión de anticuerpos de yema de huevo y Nupro, con tendencia a mejora numérica de éstos al incluir ambos suplementos en la dieta, pero con valor numéricamente menor al tratamiento testigo. Además, el rendimiento en canal caliente y canal frío fueron superiores para el grupo testigo y los que consumieron yema de huevo en la dieta.

En este sentido, Cook, (2009) realizó un experimento con cerdos adicionando al alimento antibióticos-promotores de crecimiento, lo que mostró un mayor rendimiento en canal con aumento de la producción. Sin embargo, el uso de antibióticos sub-terapéuticos como promotores del crecimiento ha dado a los productores un aumento en el costo económico por cabeza cuando se utiliza en las dietas de inicio y crecimiento de acabado Marquardt, (2011). Por otro lado, García-Castillo et al., (2014) utilizaron nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* como núcleo proteico (NUPRO) a T1-0,0; T2-2,0; y T3-4,0 % de inclusión en raciones para la alimentación de cerdos pos-destete. Reportan que el peso al sacrificio fue similar entre tratamientos ($P \geq 0,05$). Siendo el peso de canal caliente (kg) y el rendimiento en canal caliente (%) significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) con valores de 6,18; 7,55 y 6,78 kg y 49,0; 58,0 y 57,0 %, respectivamente para T1, T2, y T3 (Cuadro 2). La suplementación con Nupro mejoró el peso y el rendimiento de la canal



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

caliente. Sin embargo, Quintero-Moreno et al., (1996) encontraron una disminución del rendimiento en canal ($P \leq 0,05$) al utilizar probióticos. Además, los probióticos no afectaron el peso al sacrificio y el peso de la canal fría. Por otro lado, Marquardt, (2011), opina y recomienda el uso de factor de crecimiento epidérmico (EGF) por sus siglas en inglés y anticuerpos de yema de huevo solos o en combinación, para un mejor comportamiento animal. Situación aplicada en esta investigación, sin embargo, no se obtuvo la respuesta esperada.

Cuadro 2. Características de la canal de lechones alimentados con dietas al contener yema de huevo (IgY), núcleo proteico (Nupro) y ambos.

| Variables | SIN NUPRO | | CON NUPRO | | EE | Probabilidad | | |
|--------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|------|--------------|------|------|
| | SY/SN | CY/SN | SY/CN | CY/CN | | Y | N | Yx N |
| Peso Sacrificio (kg) | 19,17 | 15,17 | 15,17 | 17,07 | 2,15 | 0,57 | 0,72 | 0,24 |
| Peso Canal Caliente (kg) | 13,17 | 10,40 | 9,27 | 11,20 | 1,53 | 0,64 | 0,81 | 0,17 |
| Rendimiento Canal Caliente (%) | 68,17 | 68,57 | 61,10 | 65,62 | 2,18 | 0,13 | 0,66 | 0,29 |
| Peso Canal Frío (kg) | 12,87 | 10,33 | 9,07 | 11,07 | 1,50 | 0,34 | 0,86 | 0,17 |
| Rendimiento Canal Frío (%) | 67,13 | 68,13 | 59,78 | 64,84 | 2,16 | 0,09 | 0,53 | 0,31 |

Medidas zoométricas: Altura a la cruz, diámetro torácico, longitud de tuberósidades y espesor de grasa dorsal

En cuanto a la interacción, fue significativa ($P \leq 0,05$) para la variable altura a la cruz (cm) en los animales que recibían ambos aditivos, yema de huevo y Nupro (CY/CN). Esta interacción fue afectada al encontrar disminución en longitud de altura a la cruz en relación con el tratamiento testigo SY/SN. En longitud de tuberósidades (cm) se observó diferencia significativa ($P \leq 0,01$) para los diferentes niveles de yema de huevo, Nupro y ambos. Teniendo la mejor combinación SY/SN con 45,03 cm. La adición de IgY, Nupro solos y ambos en la dieta, disminuyeron longitud de tuberósidades hasta 15,5% con respecto al grupo control (SY/SN). Para diámetro torácico (cm) y espesor de grasa dorsal (mm) no hubo efecto significativo ($P \geq 0,05$) para ninguno de los tratamientos (Cuadro 3). De acuerdo a los resultados, la adición de yema de huevo (IgY), Nupro y ambos a la dieta no repercute en el crecimiento externo del cerdo, al no afectar diámetro torácico y grasa dorsal. Similar comportamiento, reportan García-Castillo et al., (2010) al adicionar lisina a la dieta para cerdos en iniciación.

En el trabajo realizado por Echeverry et al., (2008), encuentran que la grasa dorsal en cerdos fue diferente ($P \leq 0,01$) entre los tratamientos, obteniendo mayor rendimiento en los animales que recibieron el tratamiento con el máximo nivel de lisina y ractopamina. Sin



embargo, diferentes resultados obtienen Figueroa-Velasco et al., (2004) al trabajar con 32 cerdos (16 machos castrados y 16 hembras; $35,3 \pm 1,5$ kg). Estos investigadores redujeron el contenido de energía metabolizable (EM) en dietas bajas en proteína. La reducción de EM (Mcal/g) y PC (%) en el alimento, redujeron espesor de grasa dorsal (mm).

Cuadro 3. Altura, Diámetro, Longitud y Grasa dorsal en cerdos proporcionándoles raciones con anticuerpo de Yema de huevo (IgY), Nupro y ambos.

| Variables (cm) | SIN NUPRO | | CON NUPRO | | EE | Probabilidad | | |
|---------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | SY/SN | CY/SN | SY/CN | CY/CN | | Y | N | Y x N |
| Altura a la cruz | 36,11 | 34,29 | 33,11 | 34,88 | 0,610 | 0,092 | 0,925 | 0,016 |
| Diámetro torácico | 57,93 | 55,13 | 53,22 | 55,06 | 1,275 | 0,095 | 0,711 | 0,104 |
| Longitud de tuberosidades | 45,03 | 38,50 | 38,00 | 37,92 | 1,032 | 0,006 | 0,013 | 0,015 |
| Grasa dorsal (mm) | 9,55 | 9,66 | 8,78 | 9,19 | 0,586 | 0,650 | 0,715 | 0,746 |

Peso de sangre y órganos vitales

Entre los pesos (g) de los órganos, para los tratamientos SY/SN, CY/SN, SY/CN y CY/CN, no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0,05$) (Cuadro 4). De acuerdo a investigaciones realizadas, el peso y tamaño de los órganos vitales es básico e imprescindible para el comportamiento a futuro del cerdo (Hurtado et al., 2006). De allí, Terán et al., (2004) al utilizar aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*) como fuente de energía y como fuente inmunológica en dietas para la alimentación de cerdos. Al evaluar peso de las vísceras; en este caso, peso del estómago, intestino delgado, hígado y páncreas, no encuentran respuesta ($P \geq 0,05$) a las dietas ofrecidas. Además, García-Castillo et al., (2014), encuentran efecto positivo en formación de tejidos internos en el animal al utilizar fuentes de proteína de buen valor biológico (núcleo proteico) en la alimentación del lechón pos-destete precoz; siendo esta suplementación benéfica para la alimentación de lechones (Cera et al., 1988; Church et al., 2010).

Cuadro 4. Peso de sangre, pulmones, corazón, bazo, hígado y riñones en cerdos alimentados con dietas conteniendo anticuerpo de Yema de huevo (IgY), Nupro y ambos.

| Variables (kg) | SIN NUPRO | | CON NUPRO | | EE | Probabilidad | | |
|----------------|-----------|-------|-----------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | SY/SN | CY/SN | SY/CN | CY/CN | | Y | N | Y x N |
| Sangre | 0,625 | 0,483 | 0,425 | 0,550 | 0,100 | 0,531 | 0,934 | 0,220 |
| Pulmones | 0,283 | 0,225 | 0,225 | 0,308 | 0,033 | 0,719 | 0,719 | 0,060 |
| Corazón | 0,070 | 0,072 | 0,070 | 0,083 | 0,011 | 0,642 | 0,553 | 0,642 |
| Bazo | 0,018 | 0,023 | 0,030 | 0,021 | 0,003 | 0,226 | 0,676 | 0,117 |
| Hígado | 0,597 | 0,408 | 0,450 | 0,438 | 0,053 | 0,310 | 0,098 | 0,137 |
| Riñones | 0,100 | 0,092 | 0,100 | 0,091 | 0,021 | 0,705 | 1,000 | 1,000 |



Estómago y tracto gastrointestinal lleno y vacío

La adición de yema de huevo y Nupro o ambos, no afectaron ($P \geq 0,05$) los pesos (kg) de vísceras; estómago y tracto gastrointestinal lleno o vacío (Cuadro 5). El tracto gastrointestinal (TGI) de lechones en el período del destete presenta muchos cambios, después del destete se presenta un periodo de atrofia que disminuye el consumo de alimento causada por el cambio de dieta líquida a sólida. O sea; aunado a esta situación, otros factores y efectos se manifiestan. Por la ausencia o no consumo de leche y la nueva alimentación, el pH estomacal se altera; así como el manejo, provocan la proliferación de microorganismos patógenos, entre otros; afectando comportamiento del animal (Cera et al., 1988).

Por ende, el efecto de la proteína de levadura y sus componentes activos; nucleótidos, péptidos, y aminoácidos funcionales estimulan la estructura del intestino grueso y la función inmune en el lechón pos-destete (García-Castillo et al., 2014). Estos investigadores reportan mayor peso (40,0%; $P = 0,07$) y mayor longitud del intestino grueso (25,0%; $P \leq 0,01$) del TGI de los lechones alimentados con Nupro en la dieta. De igual manera, Balseca (2009) considera que la deficiencia de nucleótidos dietéticos puede afectar el hígado, corazón, y la función intestinal e inmunológica.

Aunque el sistema inmunológico (SI) es increíblemente complejo y altamente efectivo para combatir el universo de patógenos a los que continuamente estamos expuestos. El activar, un número importante de células especializadas, que se producen rápidamente y se movilizan para detener cualquier amenaza real o aparente. Pero esta condición representa un alto costo metabólico. Por lo cual, la eliminación de una excesiva activación del SI puede liberar recursos metabólicos (energía y nutrientes) para utilizarse en el crecimiento y en la reproducción. Es un hecho, los fuertes incrementos en la producción animal son debido al control avanzado de enfermedades, sanidad y bioseguridad, los que han sido atribuidos primariamente a la minimización de la activación del SI (Cook, 2009).

Por lo tanto, el alimentar con más proteína y de buena calidad incrementa el peso del hígado, riñones y TGI (Church et al., 2010). Sin embargo, el no obtener respuesta benéfica, Chernysheva et al., (2004) consideran que la presencia de anticuerpos de yema de huevo en la ración no parece ser eficaces en la prevención de la bacteria *Escherichia*



coli. Es posible, que la actividad de IgY se vea reducida en gran medida quizás por el ácido gástrico y la pepsina, por lo tanto, altas tasas de inclusión del anticuerpo de yema de huevo pueden no ser eficaces en cerdos de 3 a 4 semanas de edad.

De igual manera, la presencia de diarrea es una problemática de la patología digestiva en lechones. Principalmente por su impacto económico debido al incremento de la tasa de mortalidad, retardo en crecimiento, pésima conversión alimenticia y altos costos en medicación. Estas pueden ser ocasionadas por cambios bruscos en los ingredientes de la dieta y tamaño de la partícula, que pueden que pueden favorecer la proliferación de *E. coli*, Salmonela, Clostridium, y protozoos sobre los Lactobacilos. Entre estos, el de mayor efecto al momento del destete en el lechón y fácil de evitar es el control de pH estomacal (García-Castillo et al., 2014).

Los resultados de Harmon et al., (2002) reflejaron que el aumento de la IgY de la yema de huevo podría evitar mayores pérdidas económicas debidas a la salud humana y animal, procedentes de bacterias patógenas, por ejemplo, *E. coli* O157: H7. De modo que la yema de huevo deshidratada asperjada (SDE) por sus siglas en inglés; puede ser una fuente eficaz de proteína y fuente de energía en dietas para cerdos de cría y mejora la salud y, en algunos casos, aumenta la tasa de crecimiento (Song, et al., 2012; Danek, 2007; Chae et al., 2006).

Cuadro 5. Peso de estómago y tracto gastrointestinal (TGI) de cerdos alimentados con dietas conteniendo anticuerpo de Yema de huevo (IgY), Nupro y ambos.

| Peso (kg) | SIN NUPRO | | CON NUPRO | | EE | Probabilidad | | |
|-------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | SY/SN | CY/SN | SY/CN | CY/CN | | Y | N | Y x N |
| TGI (Total) | 3,442 | 2,758 | 2,700 | 2,983 | 0,376 | 0,518 | 0,614 | 0,235 |
| Estómago lleno | 0,208 | 0,213 | 0,213 | 0,240 | 41,28 | 0,711 | 0,711 | 0,794 |
| Estómago vacío | 0,100 | 0,100 | 0,133 | 0,133 | 0,023 | 1,000 | 0,195 | 1,000 |
| Intestino delgado lleno | 1,113 | 0,900 | 0,852 | 1,108 | 0,136 | 0,843 | 0,871 | 0,119 |
| Intestino delgado vacío | 0,708 | 0,750 | 0,783 | 0,794 | 0,117 | 0,649 | 0,503 | 0,730 |
| Intestino grueso lleno | 0,688 | 0,550 | 0,607 | 0,591 | 0,087 | 0,818 | 0,591 | 0,505 |
| Intestino grueso vacío | 0,208 | 0,183 | 0,267 | 0,241 | 0,117 | 0,649 | 0,503 | 0,730 |



CONCLUSIÓN

La adición de anticuerpos de yema de huevo (IgY), NUPRO y ambos en dietas para lechones en iniciación se adicionan para mejorar el comportamiento de los lechones. Sin embargo, el comportamiento de los lechones; peso al sacrificio, peso y rendimiento en la canal caliente y frío, de acuerdo a los análisis estadísticos no se detecta diferencia entre los tratamientos. La altura a la cruz disminuyó a efecto de la interacción IgY/NUPRO, la longitud de tuberosidades disminuye 16% a efecto de los aditivos solos y mezclados en la dieta. El peso (kg) de los órganos vitales y tracto gastro-intestinal, no fue diferente entre los tratamientos. Los animales no presentaron diarrea a través del estudio realizado, ya que la administración oral de anticuerpos específicos les otorgó inmunidad protectora al preservar la flora normal contra patógenos gastrointestinales.

BIBLIOGRAFÍA

- Balseca, O. S. B. 2009. Utilización de NuPro® (Nucleótidos, proteínas e inositol) en dietas de gallinas Lohman Brown desde el pico de producción hasta las 45 semanas de edad. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. p.12-48.
- Castillo, D. 2010. Nupro. Consultagro, Alltech, Venezuela. <http://www.consultagro.com.ve/art3.php> (Consultado 15 Nov. 2012).
- Cera, K.R., D.C. Mahan, R.F. Cross, G.A. Reinhart, and R.E. Whitmoyer. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejuna morphology in young swine. J. Anim. Sci. 66:574-584.
- Chae, H.S., N.K. Singh, C.N. Ahn, Y.M. Yoo, S.G. Jeong, J.S. Ham, and D.W. Kim. 2006. Effects of egg yolk antibodies produced in response to different antigenic fractions of *E. coli* O157:H7 on *E. coli* suppression Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19(11):1665-1670.
- Chernysheva, L.V., R.M. Friendship, C.E. Dewey, y C.L. Gyles. 2004. The effect of dietary chicken egg-yolk antibodies on the clinical response in weaned pigs challenged with a K88⁺ *Escherichia coli* isolate. J. Swine Health Prod. 12(3):119-122.



- Church, D.C., W.G. Pond, y K.R. Pond. 2010. El cerdo. In: Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Cap. 23. Editorial Limusa S.A. de C.V. México D.F., México. p. 481-513.
- Cook. M. 2009. Inflamación del Intestino: Efectos en Producción Animal y Manejo. Datos proporcionados a Aova Technologies por varias compañías independientes.
- Danek, P. 2007. IgY Technologies. Research in pig breeding, Research Institute of Animal Production. Uhřetíněves, workplace Kostelec nad Orlicí, Czech Republic. 1(1):25-27.
- Echeverry, Z. J. J., Z. A. Gómez, y S. J. E. Parra. 2008. Efecto de un B-adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización. Revista lasallista de investigación. 5(1):45-50.
- Figuroa-Velasco, J.L., M. Cervantes-Ramírez, J.M. Cuca-García, y M. Méndez-López. 2004. Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía. Agrociencia 38:383-394.
- García-Castillo, R.F., K. Hernández-Martínez, J.R. Kawas-Garza, J. Salinas-Chavira, A. Vega-Ríos, M.H. Ruiloba-Villarreal, y H. Fimbres-Durazo. 2014. Efecto de nucleótidos y péptidos de *Saccharomyces cerevisiae* (NUPRO) en la alimentación de cerdos post-destete. Revista Científica, FCV-LUZ / 24(1):29-37.
- García-Castillo, R.F., O.E. Malacara-Álvarez, J. Salinas-Chavira, M. Torres-Hernández, J.M. Fuentes-Rodríguez, J.R. Kawas-Garza. 2010. Efecto de la suplementación de lisina sobre la ganancia de peso y características cárnicas y de la canal en cerdos en iniciación. Revista Científica, FCV-LUZ / 20(1):61-66.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Koppen. 4ta Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. p. 87-88.
- Harmon, B. G., M. Latour y S. Norberg. 2002. Sprayed Dried Eggs as a Source of Immune Globulins for SEW Pigs. Department of Animal Sciences. Swine Research Report. Purdue University. p. 31-35.



- Hurtado, E., C. González, y H. Vecchionacce. 2006. Morfometría de órganos vitales de cerdos criollos en el estado Apure, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 24(3):205-211.
- Marquardt, R. R. 2011. Epidermal growth factor (EGF) and therapeutic antibodies for pig diets: an alternative approach to the use of antibiotics as growth. *Revista Computadorizada de Producción Porcina. Cuba.* 18(3):177-180.
- NRC, 1998. Nutrient Requirement of Swine. National Research Council. 10th. Revised Edition. National Academy Press. Washington. D.C., U.S.A. 189 p.
- Quintero-Moreno, A., N. Huerta-Leidenz, N. Parra de Solano, E. Rincón-Urdaneta, J.A. Aranguren-Méndez. 1996. Efecto de probióticos y sexo sobre el crecimiento características de la canal en cerdos. *Revista Científica, FCV-LUZ/* 6(1):5-12.
- Song, M., T.M. Che, Y. Liu, J.A. Soares, B.G. Harmon, y J.E. Pettigrew. 2012. Effects of dietary spray-dried egg on growth performance and health of weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 90:3080-3087. doi: 10.2527/jas.2011-4305
- Steel, R.G.D., y J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrics Approach. 2nd Ed. McGraw-Hill. New York, USA. p. 622.
- Terán, M.G., F.L. Sarmiento, C.J.C. Segura, F. Torres-Acosta y R.R.H. Santos. 2004. Comportamiento productivo, características de la canal y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*). *Tec. Pecu. Mex.* 42:181-192.



COLECTA, CONSERVACIÓN, IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA Y USO DE LA FLORA MEDICINAL DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ¹

Luis Torres-Vargas²; Julio Santamaría-Guerra³; Rafael Rincón⁴;

Víctor Montezuma⁵; Luis Rodríguez⁶

RESUMEN

El estudio se realizó en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB), con el objetivo de coleccionar, conservar, identificar taxonómicamente y describir las propiedades curativas de la flora de uso medicinal utilizada por la nación ngäbe. Se coleccionaron y clasificaron 109 especies, 62 en la región Nedrini, 37 de la región Ñokribo y 10 de la región Kodriri, distribuidas en 46 familias. La adaptación y aclimatación se desarrolló en las estaciones y fincas experimentales del IDIAP localizados en San Félix, Hato Chamí y Pueblo Nuevo. Las familias con mayor número de especies fueron: Compositae, Acantacea, Rubiaceae y Lamiaceae con nueve, ocho, ocho y siete especies respectivamente y 26 familias conformadas por una sola especie. Las propiedades curativas que los agentes tradicionales de salud le atribuyen a la flora clasificada y caracterizada son para el tratamiento de 26 diferentes tipos de afectaciones y de esas las más comunes fueron para afecciones en la piel, la anemia, desparasitante, dolencias en el sistema digestivo, problemas en la etapa de gestación, dolores de cabeza, fiebres, mordeduras de ofidios y problemas en el sistema circulatorio.

Palabras claves: Clasificación botánica, plantas medicinales y propiedades curativas.

¹Recepción: 15 de enero de 2019. Aceptación: 21 de noviembre de 2019. Investigación financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Comarcal. M.Sc en Agricultura Ecológica. e-mail: luistorres_73@hotmail.com

³IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. Ph.D. en Innovación Institucional. e-mail: julio Guerra@gmail.com

⁴Universidad Autónoma de Chiriquí. M.Sc. en Botánica. e-mail: rafarincon_105@yahoo.com

⁵IDIAP. CIA Comarcal. Bachiller Agropecuario.

⁶Asociación de Agentes de Salud Tradicional Ngäbe Buglé (ASASTRAN). Productor.



COLLECTION, CONSERVATION, TAXONOMIC IDENTIFICATION AND USE OF THE MEDICINAL FLORA OF THE NGÄBE-BUGLÉ REGION

ABSTRACT

The study was carried out in the Region Ngäbe Buglé (CNB), with the objective of collecting, conserving, taxonomically identifying and describing the healing properties of the medicinal flora used by the Ngäbe nation. 109 species were collected and classified, 62 in the Nedrini region, 37 in the Ñokribo region and 10 in the Kodriri region, distributed in 46 families. The adaptation and acclimatization was developed in the stations and experimental farms of the IDIAP located in San Félix, Hato Chamí and Pueblo Nuevo. The families with the greatest number of species were: Compositae, Acantacea, Rubiaceae and Lamiaceae with nine, eight, eight and seven species respectively and 26 families conformed by a single species. The curative properties that traditional health agents attribute to the classified and characterized flora are for the treatment of 26 different types of affectations and of those the most common were for skin conditions, anemia, deworming, ailments in the digestive system, problems in the gestation stage, headaches, fevers, bites of ophidians and problems in the circulatory system.

Key words: Botanical classification, medicinal plants, healing properties.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la humanidad, la familia satisfacía sus necesidades aprovechando los recursos de la naturaleza a medida que lo encontraba, extractivamente. Más adelante consiguió domesticar algunos animales y cultivar plantas para su beneficio. Es así, que empezó a utilizar muchas de estas plantas para tratar de curar las enfermedades que les aquejaban (parásitos, infecciones por heridas, entre otros) (Greulach, 1980; Kozel, 1982). La interacción y observación constante del entorno, en especial de las plantas que le rodeaban llevó a descubrir esos elementos útiles; en un proceso que tomó cientos de años (Greulach, 1980).

Se estima que de las 260,000 especies de la flora que se conocen en la actualidad, el 10 por ciento se pueden considerar medicinales, es decir, se encuentran recogidas en los documentos de médicos de fitoterapia, modernos y de épocas pasadas, por presentar algún uso, variando en las regiones tropicales ya que no se conoce todavía la totalidad de la flora (Pérez, 2008). Por otro lado, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2012) informa que entre 50,000 y 70,000 plantas medicinales y



aromáticas son utilizadas a nivel mundial en los sistemas de medicina tradicional y convencional/occidental y que cerca de 15,000 especies de plantas medicinales estarían amenazadas de extinción. En Panamá, se han registrado 9,520 especies de plantas vasculares, en ellas están incluidas 1,144 en endemismo y 380 son especies introducidas al país (Correa et al., 2004).

Se entiende que la flora o planta de uso medicinal es aquella que uno o más de sus órganos contienen sustancias que pueden ser utilizadas con una finalidad terapéutica, llamando droga vegetal a la parte utilizada. En esta categoría también se pueden incluir la mayoría de las plantas aromáticas, al menos las que se conocen por sus aplicaciones culinarias, que tienen propiedades medicinales (INIA, 2004).

Los pueblos originarios han logrado comprender la importancia de vivir dentro de su ambiente, y aprovechar los múltiples beneficios que el bosque le ofrece. La tasa de éxito en el descubrimiento de plantas medicinales tradicionales es alta debido a que las poblaciones que habitan los bosques, principalmente los agentes de salud tradicional, curanderos, espiritistas y parteras han estado experimentando con varias combinaciones y dosis durante generaciones, lo que ha conducido a desarrollar lo que se conoce como medicina tradicional.

Definimos la medicina tradicional como un conjunto de conocimientos y prácticas generadas en el seno de la población, transmitidos generacionalmente y que es basada en un saber empírico. Ofrece o intenta presentar soluciones a las diversas manifestaciones de la enfermedad, buscando propiciar la salud entre las comunidades. Este acervo de prácticas terapéuticas y conocimientos forma parte de la cultura popular y por lo tanto está sujeta a los cambios y desarrollo de la misma (Ruíz, 2011).

En Panamá, existen muy pocos estudios de la flora de uso medicinal. Los estudios documentados sobre estas especies han sido realizados por científicos foráneos e investigadores de la Universidad de Panamá, los que recogen información de la identificación de las especies y de algunas de sus propiedades farmacológicas. Sin embargo, todavía se desconocen gran parte de las riquezas de especies medicinales que posee el país (Dressler, 1968; Rodríguez, 2011). Entre los primeros estudios que hablan



de la flora en Panamá, se remontan al año 1926, cuando el Missouri Botanical Garden se establece en la Zona del Canal y empieza con el estudio de la flora en Panamá. En el año 1937, se publica el primer volumen de la serie intitulada “Contributions toward a flora of Panamá” (Dressler, 1968).

Se cuenta con estudios etnobotánicos y etnoecológicos de los grupos humanos indígenas Gunas, Emberá y del oriente panameño. También se han documentados remedios a base de plantas de los afro-antillanos en Colón, plantas medicinales y alimenticias por grupos de mestizos de las provincias centrales e inventarios etnobotánicos de plantas medicinales utilizado por la etnia Ngäbe (Joly et al., 1984). Por otro lado, en el 2009 el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), desarrollo trabajos en las características botánicas y agronómicas de 14 especies de plantas de uso medicinales de importancia (Alfaro, 2009). Estudios más recientes realizados en el distrito de Kankintú en la CNB, reportan que se colectaron 74 especies agrupadas en 25 familias (Morales, 2015).

La mayor parte de la flora de uso medicinal carece de una evaluación científica. Sin embargo, son acogidas, ya que los saberes locales y los conocimientos compartidos de generación en generación cada vez son más aceptados por la comunidad científica y considerados como fuente primaria por los investigadores que tiende a desarrollar nuevos fármacos con base en extractos de plantas (Chevallier, 1997).

Aproximadamente el 40 por ciento de la población Ngäbe utiliza la flora de uso medicinal como parte de la atención primaria de salud, lo que equivale a casi 61,000 habitantes (Arostegui, comunicación personal, 2009⁷). En la actualidad, para los agentes de salud tradicional Ngäbe, la obtención de la flora de uso medicinal es más difícil que hace diez años, debido a la erosión de la biodiversidad, el crecimiento poblacional, la pérdida del conocimiento local, ampliación de las frontera agrícola y los efectos del cambio climático (Morales, 2015; Rodríguez, comunicación personal, 2009⁸). Por otra parte, las plantas que ellos prescriben o recomiendan cambian sus nombres y usos de región a región, lo que

⁷ Arostegui, J. 2009. Uso de plantas medicinales en la Comarca Ngäbe-Buglé (entrevista). Asociación de Agentes de Salud Tradicional y Natural. Kuerima. Comarca Ngäbe-Buglé. Panamá.

⁸ Rodríguez, L. 2009. Plantas medicinales de la Comarca Ngäbe-Buglé (entrevista). Asociación de Agentes de Salud Tradicional y Natural. Kuerima. Comarca Ngäbe-Buglé. Panamá.



dificulta el intercambio de saberes, la sistematización de experiencias y conocimientos sobre plantas medicinales de la Comarca Ngäbe Buglé (CNB).

La CNB, región del Occidente de la República de Panamá que es atravesado de Oeste a Este por la cordillera central o serranía de Tabasará, que separa dos regiones geográficas: (i) la región atlántica o caribeña, cubierta en un 40 por ciento de bosque primario, ríos cortos y caudalosos, con longitudes promedios de 60 km y pendientes de 2,5 por ciento y (ii) la región pacífica, La CNB muy deforestada, con ríos con recorridos más largos de más de 100 km en promedios y pendientes de 2,27 por ciento (PAN-ANAM-GTZ, 2002).

Se caracteriza por contar con seis tipos de Zona de vida según la clasificación de Holdridge (Holdridge, 1967); bosque pluvial montano (BPM), bosque pluvial montano bajo (BPMB), bosque pluvial pre-montano (BPPM), bosque muy húmedo tropical (BMHT), bosque muy húmedo pre-montano (BMHPM) y bosque húmedo tropical (BHT). Las zonas de vida de los bosques pluviales montano, pre-montano y montano bajo ocupan sitios muy empinados de la cordillera central y áreas aledañas, los cuales están edáficamente empobrecidos para soportar la agricultura y el pastoreo.

Según la clasificación de Köppen (1936), en la CNB se pueden diferenciar tres tipos de clima: (i) Am-Tropical monzónico que abarca las áreas colindantes a la cordillera central, caracterizadas por lluvias copiosas todo el año, con precipitación pluvial igual o cercana a 60 mm en los meses más seco (diciembre a marzo), con temperaturas en los meses más fresco menor a 18°C; (ii) Af-Tropical ecuatorial; que abarca principalmente el área Ñö kribö, caracterizado por llover todo el año; y (iii) Aw-Tropical sabana, que abarca el sector pacífico de la CNB, con precipitaciones mayores a 2,500 mm al año (PAN-ANAM-GTZ, 1997).

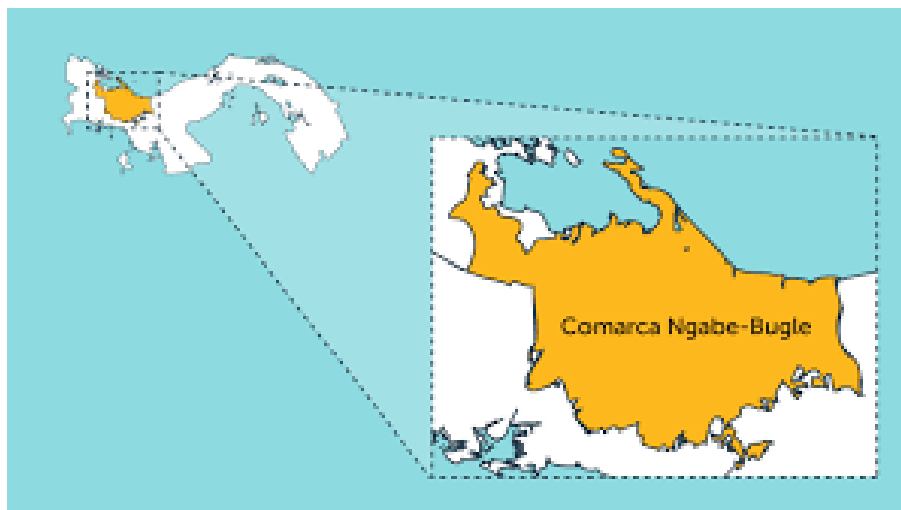
La investigación se realizó con el objetivo de coleccionar, conservar, identificar taxonómicamente y describir las propiedades curativas de especies de la flora de uso medicinal empleadas en la atención primaria de salud por la nación Ngäbe.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la comarca Ngäbe-Buglé, ubicada en la región occidental de la República de Panamá. Esta se encuentra dividida en tres regiones (Ködriri, Nedrini y Ñokribo), localizadas entre las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí y Veraguas con una extensión aproximada de 6,968 km² (PAN-ANAM-GTZ, 2002) y una población de 154,355 habitantes (INEC, 2010) (Figura 1).



Fuente: https://www.google.com/search?q=Mapa+de+la+comarca+Ngabe+bugle+panama&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir= cfn7emfAJ_vKM%253A%252CbR_BHUobl7jxDIM%252C_&vet=1&usq=Al4_-kTBNICGOM3tw6033_D1wCvbSsiYfq&sa=X&ved=2ahUKEwivtu7B5fHmAhVKmVkkHXw3An8Q9QEwAXoECAoQBq#imgrc= Z59wlxeT0tCSM:&vet=1

Colecta, identificación taxonómica y caracterización de la flora medicinal

La colecta de la flora de uso medicinal se realizó mediante la metodología de Muestreo de Bola de Nieve Lineal (Blastad, 2013), en las comunidades ubicadas dentro de las tres regiones que componen la CNB (Nedrini, Kodriri y Ñö kribo), con la participación de los agentes tradicionales de salud y parteras pertenecientes a la Asociación de Agentes de Salud Tradicional Ngäbe (ASASTRAN). Las plantas se extrajeron de su hábitat natural, y se completó un registro de datos de la colecta con; nombre común, ámbito geográfico, coordenadas geográficas, parte vegetativa extraída (plantas completas, raíz, tallos, semillas) y se tomó información de propiedades curativas (según los criterios de los agentes tradicionales de salud y parteras), entre otros (Figura 2).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa



Figura 2. a- Colecta y georeferenciación de la flora medicinal en la comunidad Pueblo Nuevo con la participación del agente tradicional de salud el Sr. Carlos Santos y técnicos del IDIAP. b- Entrevista al agente tradicional de salud el Sr. Victoriano Cubilla sobre la flora de uso medicinal encontradas en la comunidad de Silico Creek, CNB.

Las partes vegetativas extraídas fueron trasladadas a uno de los tres herbarios del IDIAP que presentan condiciones edafoclimáticas diferentes, con altura que se asemejan a las condiciones naturales donde fueron extraídas, para facilitar el proceso de aclimatación; Subcentro de Pueblo Nuevo, Subcentro de San Félix y la Estación Experimental de Hato Chami a 88, 165 y 956 msnm, respectivamente (Figura 3).

Para el procesamiento de las muestras se prensaron y secaron según la metodología de Brydson y Forman (1998), colocando las especies en una prensa de madera de 40 x 45 cm, utilizando cartones corrugados y papel periódico de 40 x 45 cm. Después del prensado se secaron en horno a una temperatura de 70° C durante dos a tres días según la especie.

Como criterios de clasificación y caracterización se utilizaron las características estructurales de las partes vegetativas, especialmente con referencia a la anatomía, la estructura de la parte reproductiva y la naturaleza de los procesos de reproducción. Los criterios reproductivos, son esencialmente significativos como base para la identificación taxonómica al ser menos sensibles a los efectos moderadores de las condiciones ambientales fluctuantes. Por ejemplo, características como el tamaño de las hojas, el largo del tallo son características que varían constantemente y van a depender de factores



externos. Por otro lado, cambios de las estructuras de las flores, frutos, semillas y otras partes reproductivas son relativamente constantes (Fuller et al., 1974).

Para la identificación taxonómica se utilizó en el laboratorio un estereoscopio y microscopio para la observación de las partes vegetativas y reproductivas de las plantas. Se procedió primero a ubicarlas en la familia vegetal correspondiente, utilizando las claves analíticas de las obras de Lasso (1972), Geesink et al. (1981), Bailey (1949 y 1997). Para determinar el género, la especie y comprobar la descripción morfológica de cada muestra se utilizaron las obras de Woodson y Schery (1981), Gerrit et al. (1994, 1995 y 2009) y Hammel et al. (2007, 2014 y 2015). Las actualizaciones de los nombres científicos y las familias fueron realizadas mediante las obras de Correa et al., 2004 y la base de datos del TROPICOS del Missouri Botanical Garden de diciembre 2018.

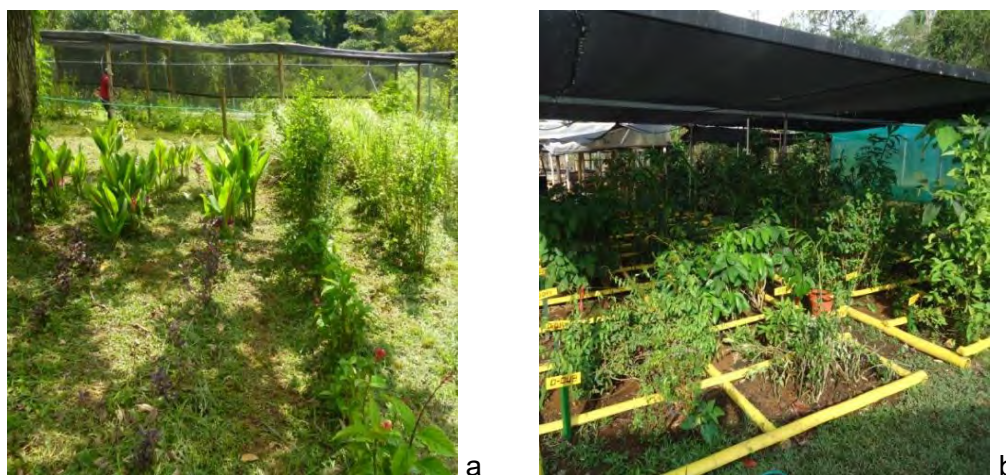


Figura 3. a- Herbario de la flora medicinal ubicado en la Estación Experimental de Hato Chamí, a 956 msnm. b- Herbario de la flora medicinal ubicado en el Subcentro de San Félix a 165 msnm.

Las propiedades curativas de la flora medicinal colectadas, son el resultado de consultas en campo realizadas a los 21 agentes tradicionales de salud y parteras pertenecientes a ASASTRAN que participaron directamente en la colecta y compartieron información sobre el uso que ellos le dan, sin que en esta investigación se halla practicado una evaluación científica de sus cualidades medicinales.



RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que las plantas colectadas, caracterizadas y ubicadas taxonómicamente fueron 109 (62 de la región Nedrini, 37 de la región Ñokribo y 10 de la región Kodriri), distribuidas en 46 familias; Compositae, Acantacea, Rubiaceae y Lamiaceae con nueve, ocho, ocho y siete, respectivamente. Por otro lado, las familias de las Bignoniaceae, Marantaceae y Piperaceae están conformada por cinco especies y 26 familias las conforman una sola especie (Cuadro 1).

En el distrito de Kankintú de la CNB, se colectaron e identificaron taxonómicamente un total de 74 especies, agrupadas en 25 familias y en 62 géneros (Morales, 2015). Aunque la metodología empleada para la obtención de la información del uso de las plantas y la colecta de las mismas fue igual en ambas investigaciones, se puede señalar que las diferencias en el número de especies de plantas colectadas e identificadas con los resultados obtenidos en esta investigación, se atribuyen a que las investigaciones realizadas fueron en un ámbito geográfico menor y que la información sobre las plantas de uso medicinal fue ¿proporcionada? por solo un agente tradicional de salud.

Cuadro 1. Familia, género y especie de las plantas identificadas taxonómicamente.

| FAMILIA | N° | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|---------------|----|---|------------------------|
| Acantacea | 1 | <i>Acanthus montanus</i> (Nees) T. Anderson | Diente de lagarto |
| | 2 | <i>Aphelandra aurantiaca</i> (Scheidw.) Lindl. | Migran krire |
| | 3 | <i>Aphelandra</i> sp. | Digue krie |
| | 4 | <i>Hypoestes phyllostachya</i> Baker | Hoja moteada |
| | 5 | <i>Justicia pectoralis</i> Jacq. var <i>pectoralis</i> | Tilo morado |
| | 6 | <i>Justicia secunda</i> Vahl. | Partos |
| | 7 | <i>Justicia</i> sp. | Coronillo |
| | 8 | <i>Odontonema tubaeforme</i> (Bertol) Kuntze | Partos |
| Adoxacea | 9 | <i>Sambucus peruviana</i> Kunth | Sauco |
| Amaranthaceae | 10 | <i>Alternanthera</i> sp. | Hoja moteada montañera |
| | 11 | <i>Alternanthera dentata</i> | Hoja morada |
| | 12 | <i>Dusphania ambrosioides</i> (L.) Mosyaking & Clemants | Paico |
| | | | |



| | | | |
|----------------------|----|---|----------------------------|
| <i>Apocynaceae</i> | 13 | <i>Asclepias curassavica</i> L. | Flor cubierta |
| <i>Araceae</i> | 14 | <i>Caladium bicolor</i> (Aiton) Vent. | Troa tain |
| <i>Araliaceae</i> | 15 | <i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch. | Orquídea aérea |
| <i>Asparagaceae</i> | 16 | <i>Cordyline fruticosa</i> (L.) A. Chev. | Rabo de gallo |
| | 17 | <i>Sansevieria trifasciata</i> Prain | Lengua de suegra |
| <i>Begoniaceae</i> | 18 | <i>Begonia multinervia</i> Liebm. | Caña agria roja |
| | 19 | <i>Begonia seemanniana</i> A. DC. | Socola |
| | 20 | <i>Begonia semiovata</i> Liebm. | Mata de caña agria |
| <i>Bignoniaceae</i> | 21 | <i>Amphilophium crucigerum</i> (L.) L.G.Lohman | Bejuco ojeado |
| | 22 | <i>Crescentia cujete</i> L. | Calabazo |
| | 23 | <i>Lundia</i> sp. | Siko |
| | 24 | <i>Mansoa hymenaea</i> (D.C.) A. H. Gentry | Bejuco de ajo |
| | 25 | <i>Stizophyllum riparium</i> (Kunth) Sandw. | Caudo Gro, Carrizo de pipa |
| <i>Bixaceae</i> | 26 | <i>Bixa orellana</i> L. | Achiote curo |
| <i>Cactaceae</i> | 27 | <i>Pereskia bleo</i> (Kunth) DC. | Tin krie |
| | 28 | <i>Rhipsalis oblonga</i> Loefgr | Oreja de mula |
| | 29 | <i>Werckleocerus tonduzii</i> (Fac. Weber) Britton & Rose | Cactus |
| <i>Campanulaceae</i> | 30 | <i>Hippobroma longiflora</i> (L.) G. Don. | Cilantro silvestre |
| <i>Cyclanthaceae</i> | 31 | <i>Asplundia</i> sp. | Oreja de Chivo |
| <i>Compositae</i> | 32 | <i>Tradescantia zebrina</i> Hort. Heynh | Cucaracha |
| | 33 | <i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Handlos | Migran. |
| | 34 | <i>Artemisia vulgaris</i> L. | Altami |
| | 35 | <i>Centratherum punctatum</i> Cass. | Suspiro grande |
| | 36 | <i>Chaptalia nutans</i> (L.) Polak | Diente de León sabanero |
| | 37 | <i>Chromolaena</i> sp. | Salvia China |
| | 38 | <i>Neurolaena lobata</i> (L.) Cass | Gavilana, Contra gavilana |
| | 39 | <i>Pseudelephantopus spicatus</i> (B.Juss. ex Aubl.) Rohr ex C.F. Baker | Mata de membrillo |
| | 40 | <i>Tagetes filifolia</i> Lag. | Anís |
| | 41 | <i>Taraxacum campylodes</i> G.E Haglund | Diente de León |
| <i>Costaceae</i> | 42 | <i>Wedelia trilobata</i> (L.) Pruski | Paragüitas |
| <i>Crassulaceae</i> | 43 | <i>Costus</i> sp. | Caña agria blanca |
| <i>Euphorbiaceae</i> | 44 | <i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Oken | Maravilla |
| | 45 | <i>Acalypha aristata</i> Kunth | Moro koe, Bejuco de banano |
| | 46 | <i>Acalypha leptopoda</i> Müll. Arg. | Planta de gusano |
| | 47 | <i>Euphorbia tithymaloides</i> L. | Pie de niño blanco |
| | | <i>Chrysanthemum pulchella</i> (Donn. ex Sims) | |



| | | | |
|------------------------|----|--|---------------------------|
| | 48 | <i>Chrysothemis pulchella</i> (Donn. ex Sims) Decne. | Corazón |
| <i>Gesneriaceae</i> | 49 | <i>Drymonia folsomii</i> L.E. Skog | Cadena |
| | 50 | <i>Drymonia serrulata</i> (Jacq.) Mart. | Botón |
| | 51 | <i>Episcia cupreata</i> (Hook.) Hanst | Agoadren |
| <i>Haemodoraceae</i> | 52 | <i>Xiphidium caeruleum</i> Aubl. | Mano de Dios |
| <i>Hypericaceae</i> | 53 | <i>Vismia</i> sp. | Mata de caimito |
| <i>Iridaceae</i> | 54 | <i>Neomarica variegata</i> (M. Morton & Galeotti) Henrich & Goldblatt. | Piña silvestre |
| | 55 | <i>Hyptis suaveolens</i> (L) Poit. | Sanguanillo |
| | 56 | <i>Hyptis capitata</i> Jacq. | Muribia |
| | 57 | <i>Melissa officinalis</i> L. | Toronjil |
| <i>Lamiaceae</i> | 58 | <i>Mentha</i> × <i>piperita</i> L. | Hierba buena |
| | 59 | <i>Ocimum campechianum</i> Mill. | Albahaca verde |
| | 60 | <i>Origanum vulgare</i> L. | Oregano |
| | 61 | <i>Scutellaria purpurascens</i> Sw. | Mata de lombricillo |
| <i>Leguminosea</i> | 62 | <i>Crotalaria</i> sp. | Dormidera |
| | 63 | <i>Mitreola</i> sp. | Lombricera de palo |
| <i>Loganiaceae</i> | 64 | <i>Spigelia scabra</i> Cham. & Schltldl. | Lombricillo |
| | 65 | <i>Spigelia hamelioides</i> Kunth | Lombricillo verde |
| <i>Lyrthaceae</i> | 66 | <i>Cuphea calophylla</i> Cham. & Schltldl. | Uronó |
| <i>Malpighiaceae</i> | 67 | <i>Bronwenia cornifolia</i> (Kunth) WRAnderson y C. Davis | Bejuco de resfriado |
| | 68 | <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. | Guácimo |
| | 69 | <i>Pavonia schiedeana</i> Steud. | Pasmo candela |
| <i>Malvaceae</i> | 70 | <i>Pelteia trinervis</i> (C. Presl.) Krapov. & Cristóbal | Ñaju silvestre |
| | 71 | <i>Urena lobata</i> L. | Cepa de caballo |
| | 72 | <i>Calathea leucostachys</i> Hook. f. | Bijado de montaña |
| | 73 | <i>Calathea micans</i> (L.) Mathieu) Körn. | Debogrí |
| <i>Marantaceae</i> | 74 | <i>Calathea</i> sp. | Guingibre Chino |
| | 75 | <i>Ischnosiphon heleniae</i> L. Anderson | Bu (juga) |
| | 76 | <i>Maranta cristata</i> 022. | Esqueleto |
| <i>Melastomataceae</i> | 77 | <i>Arthrostemma ciliatum</i> Pav. ex D. Don | Bejuco de caña agria |
| <i>Menispermaceae</i> | 78 | <i>Cissampelos pareira</i> L. | Eva key kri |
| <i>Moraceae</i> | 79 | <i>Dorstenia choconiana</i> S. Watson | Bejuco de níspero |
| <i>Passifloraceae</i> | 80 | <i>Passiflora costaricensis</i> Killip | Bejuco de cacao silvestre |
| <i>Phyllanthaceae</i> | 81 | <i>Phyllanthus urinaria</i> L. | Weanan krie |
| <i>Phytolaccaceae</i> | 82 | <i>Petiveria alliacea</i> L. | Anamú |
| | 83 | <i>Peneromia nellucida</i> (L.) Kunth | Socla nueñen |



| | | | |
|-------------------------|-----|--|---------------------------------|
| | 83 | <i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kumth | Socola gueñen |
| | 84 | <i>Peperomia</i> sp. | Mlean keyre tain |
| <i>Piperaceae</i> | 85 | <i>Piper arboreum</i> Aubl. | Panza de vaca |
| | 86 | <i>Piper marginatum</i> Jacq. | Gweten |
| | 87 | <i>Piper peltatum</i> L. | Gamoon gueñex |
| <i>Poaceae</i> | 88 | <i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf | Hierba de limón |
| <i>Pteridaceae</i> | 89 | <i>Hemionitis pinnatifida</i> Baker | Estrella de mata |
| | 90 | <i>Guettarda chispiflora</i> . Sabiceceoides (Standl.) CM Taylor | Fruta morada |
| | 91 | <i>Hamelia patens</i> Jacq. var. <i>patens</i> | Coloradito, El sol |
| | 92 | <i>Hoffmannia araneopedaria</i> Dwyer | Mata de tula |
| <i>Rubiaceae</i> | 93 | <i>Manettia reclinata</i> L. | Kudru |
| | 94 | <i>Morinda citrifolia</i> L. | Noní |
| | 95 | <i>Psychotria hammelii</i> Dwyer | Winguí |
| | 96 | <i>Sabicea</i> sp. | Sico loma, Sidha Krie |
| | 97 | <i>Schradera blumii</i> Dwyer & Muhayden | Mata de nube |
| <i>Smilacaceae</i> | 98 | <i>Smilax aristolochiifolia</i> Mill | Bejuco de estrella |
| | 99 | <i>Smilax purhampuy</i> Ruiz | Clavito |
| <i>Solanaceae</i> | 100 | <i>Witheringia coccoloboides</i> (Dammer) Hunz | Raíz India |
| <i>Thelypteridaceae</i> | 101 | <i>Cristella dendata</i> (ForssK) Brownsey & Jermy | Biguin kiare |
| | 102 | <i>Urera baccifera</i> (L.) Gaud. Ex Wedd. | Ortiga |
| <i>Urticaceae</i> | 103 | <i>Coussapoa</i> sp. | Nibi ngare colorado |
| | 104 | <i>Citharexylum recurvatum</i> Greenm. | Calabacito de palo |
| | 105 | <i>Lippia alba</i> (Mill.) NEBr. ex Britton & P. Wilson | Mata de limón |
| <i>Verbenaceae</i> | 106 | <i>Lippia americana</i> L. | Mastranto, mastranto de montaña |

Las propiedades curativas que los agentes de salud tradicionales les atribuyeron a las plantas caracterizadas fueron para el tratamiento de 26 diferentes tipos de afectaciones, siendo las más frecuentes para tratar los problemas en el sistema digestivo, fiebres, dolores de cabeza, y afectaciones en la piel con un total 39, 17, 13 y 12, respectivamente. Los órganos vegetales de la flora medicinal empleados fueron principalmente las hojas y las raíces. Por otro lado, el mayor porcentaje de la flora medicinal encontrada es de hábito de crecimiento herbáceo.



Se estableció que las plantas de uso medicinal, según Morales (2015), también son en su mayoría de hábito de crecimiento herbáceo y utilizadas principalmente para el tratamiento de problemas en el sistema digestivo (diarreas y vómitos), fiebre y migraña; resultados que coinciden con los obtenidos en esta investigación, ya que las plantas mayormente reportada son aquellas que tratan las afectaciones o enfermedades más comunes y frecuentes en la CNB.

Entre las plantas empleadas para tratar más de tres afectaciones distintas se mencionaron: Migran krie (*Aphelandra aurantica* (Sheidw) Lindl) de la familia Acantácea que es utilizada como febrífuga, problemas en el sistema digestivo y afecciones en la piel y la planta Wenan krie (*Phyllanthus urinaria* L.), de la familia Phyllanthaceae usada para el tratamiento de la epilepsia, fiebres y problemas en el sistema digestivo. A la sico loma (*Sabicea* sp.), albahaca verde (*Ocimum campechianum* Mill), guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), piña silvestre [*Neomarica variegata* (M. Morton y Galeotti) Henrichech], jengibre de hoja delgada (*Zingiber officinale* Roscae) y paragüita [*Wendelis trilobata* (L.) Pruski], se les atribuyen un efecto único para el tratamiento de la disentería, enfermedades de trasmisión sexual, hemorroides, hepatitis, reumatismo y para uso como anticonceptivo, respectivamente (Cuadro 2).

Se determinó que una sola dolencia es tratada por varias plantas medicinales, como es el caso de las náuseas en que se utilizan las plantas *Dichaea panamensis*, *Sobralia macrophylla*, y *Razicea sapicata*. Por otro lado, una sola planta es empleada para tratar dos o más enfermedades, como es el caso *Aciotis rubricaulis*, que es utilizada como antidiarreico, antiemético y para la migraña (Morales, 2015).



Cuadro 2. Plantas medicinales que son empleadas por médicos naturistas y parteras de la Comarca Ngäbe-Buglé para el tratamiento de las afectaciones de salud más comunes.

| AFECCIONES A LAS CUALES LAS PLANTAS SE LE ATRIBUYE MEJORAS O CURACIONES | NOMBRE COMÚN DE LA FLORA DE USO MEDICINAL |
|--|--|
| Afectaciones en la piel (Picazón, erupciones y cicatrizantes) | Migran krie, hoja moteada, mata de membrillo, achiote curo, oreja de chivo, sanguanilla, mata de caimito, sábila, gweten, estrella de mata, mata de tula y guácimo. |
| Afectaciones atribuidas a espíritus | Dientes de lagarto, bejuco de ajo y bejuco de ojeado. |
| Anemias | Estrella de mata y cilantro silvestre. |
| Anticonceptivos | Paragüitas. |
| Antihelmínticos | Paico, ortiga, cepa de caballo y lombricera de palo. |
| Diabetes | Maravilla, ortiga y bejuco de níspero. |
| Disenterías | Sico loma. |
| Dolores de cabeza | Diente de lagarto, flor cubierta, suspiro grande, gavilana, debogrí, eva key kri, bejuco de cacao silvestre, mlean keyre tain, estrella de mata, fruta morada, coloradillo y bejuco de estrella. |
| Dolores musculares, cólicos y hemorragias | Dingue krie, hoja morada montañera, hoja morada, troa tain, altamis, membrillo, cactus, dormidera, rabo de gallo, naju silvestre, debogri, hierba buena, mata tula, ku dri y mastranto. |
| Enfermedades de transmisión sexual | Albahaca verde. |
| Epilepsia | Mastranto, heliotropo y weanan krie. |
| Fiebres | Migran kriere, orquídea aérea, siko, bejuco ojeado, oreja de mula, planta de gusano, weanan krie, naju silvestre, cilantro silvestre, bu, esqueleto, eva key, kri, muribia, mlean keyretain, wingui, y biguin kiare. |
| Hemorroides | Guácimo. |
| Hepatitis | Piña silvestre. |
| Infecciones | Pie de niño blanco, Cepa de caballo. |
| Insomnio | Muribia y mata de nube. |
| Mordeduras de ofidios | Diente de lagarto, troa tain, gavilana, migran, rabo de gallo, lengua de suegra, raíz india y agoadren. |
| Picaduras (Alacranes, gusanos e insectos) | Paragüitas, cactus y planta de gusano. |
| Problemas en el sistema circulatorio | Salvia china, uronó, noní, mata de nube, clavito, raíz india y maravilla. |
| | Migran krie, coronillo, diente de león, sabanero |



| | |
|---|--|
| Problemas en el sistema digestivo (Antiemético, diarreas y dolores de estómago) | Migran krire, coronillo, diente de león sabanero, gabilana, anís, diente de león, caña agria roja, socola, siko, cactus, caña agria blanca, cilantro silvestre, weanan krie, corazón, sábila, lombricillo, lombricera, urono, bijao de montaña, debogrí, bu, esqueleto, bejuco de caña agria, eva key krí, muribia, toronjil, mata de lombricillo, socola guenen, panaza de vaca, gueten, kudrii, wingui, raíz india, guácimo, biguin kiare y jengibre hoja delgada. |
| Problemas en el sistema nervioso | Tilo morado, cucaracha, moro koe, dormidera, paragüitas y mata de nube. |
| Problemas en la gestación y partos | Partos, socola, mano de Dios y calabacito de palo. |
| Problemas renales | Migran, caña agria blanca, maravilla y corazón. |
| Regulación de la menstruación | Hoja morada montañera, hoja morada, altamis, cactus y rabo de gallo. |
| Reumatismos | Jengibre hoja delgada. |
| Sarampión | Socola gueñen, hoja moteada y achote curo. |

CONCLUSIONES

- Se colectaron, conservaron, identificaron taxonómicamente y describieron las propiedades curativas de 109 especies de la flora de uso medicinal por la nación Ngäbe, distribuidas en 46 familias y que sirven para el tratamiento de 26 diferentes tipos de afectaciones o dolencias.
- Los órganos vegetales de uso más frecuente de la flora medicinal utilizados para la preparación de los tratamientos de las afectaciones y enfermedades fueron las hojas y las raíces, caracterizado por ser plantas en su mayoría de hábito de crecimiento herbáceo.
- La flora de uso medicinal más abundante encontrada e identificada a la cual se le atribuyen propiedades curativas es para el uso de las afectaciones y enfermedades frecuentes que aquejan a las comunidades, en el cual una planta puede ser utilizada para el tratamiento de una o más enfermedades.
- La flora medicinal es ampliamente utilizada por la población Ngäbe, esto obedece a las condiciones propias de la región, escasas en la atención de salud por la medicina occidental y aspectos culturales de la etnia.



AGRADECIMIENTO

Los autores extienden un sincero agradecimiento a las diferentes comunidades y en especial a los agentes de salud tradicionales y parteras que trabajan de forma independiente, que pertenecen a la Asociación de Agentes de Salud Tradicional Ngäbe Buglé (ASASTRAN), quienes colaboraron desinteresadamente con esta investigación, con el propósito de contribuir con el desarrollo de sus comunidades y de la nación Ngäbe-Buglé.

Este agradecimiento se extiende a los médicos y parteras de la región de Ñokribo; Pedro Jiménez, Carlos Santos, Victoriano Cubilla, Onésimo Castillo, Viviana Montero, Demetrio Quintero, Saida Rivera y Manuel Lorenzo. De la Región Nedrini; Armando Sire, Amado Palacio, Celia Gallardo, Adriana Palacio, Leandro Guerrero, Domitila Castellón y Luis Rodríguez. De la Región Kodriri; Abelino Sire, Irene Santos, Manuel Amador, Jacinto Stalin, Aquilino Surdo y Sipriano Stalin.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, O. 2009. Plantas medicinales colectadas en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Primera edición.
- Bailey, L.H. 1949. Manual of Cultivated Plants. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.
- Bailey, L.H. 1997. Manual de plantas cultivadas. Macmillan, Nueva York.
- Blastad, O. 2013. Método científico. <https://explorable.com/es> (consultado 15 abr. 2016).
- Brydson, D., and L. Forman. 1998. The Herbarium Hand Book. Third Edition. Royal Botanical Garden Kew.
- Chevallier, A. 1997. Enciclopedia de Plantas Medicinales: Guía Práctica de consulta con más de 550 Hierbas, Claves y sus Usos Medicinales. Madrid, España.
- Correa, M.D., C. Galdames, y M.S. Staf. 2004. Catálogo de las Plantas Vasculares de Panamá. Primera edición. Universidad de Panamá, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Editora Novo Art, S.A. Bogotá, Colombia.



- Dressler, R.L. 1968. Terrestrial Plants of Panama. Bulletin of The Biological of Washington. p. 179-186.
- Fuller, H.J., Z.B. Carothers, W.W. Pagne, y M.K. Balbach. 1974. Botánica. Principio de la Clasificación de las Plantas. México. Editorial Nueva Editorial Interamericana. p. 271-279.
- Geesink, R.A., J.M. Leeuwenberg, C.E. Ridsdale, and J.F. Veldkamp. 1981. Thomer's Analytical Key to the families of flowering plants. Leiden University Press. The Hague.
- Gerrit, D, M. Sousa, and S. Knapp. 1994. Flora Mesoamericana: Alismataceae a Cyperaceae. Vol. VI. Universidad Autónoma de México, México. 543 p.
- Gerrit, D, M. Sousa, y S. Knapp. 1995. Flora Mesoamericana: Psilotaceaea Salviniaceae. Vol. I. Universidad Autónoma de México, México. 470 p.
- Gerrit, D; M. Sousa, y S. Knapp. 2009. Flora Mesoamericana: Cucurbitaceae a Polemoniácea. Vol. IV parte 1. Universidad Autónoma de México, México. 855 p.
- Greulach, V.A. 1980. Las Plantas. Introducción a la Botánica Moderna. Editorial Limusa. México. p. 26-28.
- Hammel, B.E., M.H. Grayum, C. Herrera, y N. Zamora. (edit). 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Dicotiledónea (Haloragaceae-Phytolaccaceae). (Vol VI). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis Missouri. 933 p.
- Hammel, B.E., M.H. Grayum, C. Herrera, y N. Zamora. (edit). 2014. Manual de Plantas de Costa Rica. Dicotiledónea (Picraminiaceae-Rutaceae). (Vol VII). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis Missouri. 840 p.
- Hammel, B.E., M.H. Grayum, C. Herrera, y N. Zamora. (edit). 2015. Manual de Plantas de Costa Rica. Dicotiledónea (Sabiaceae-Zygophyllaceae). (Vol VIII). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis Missouri. 657 p.



- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 206 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay). 2004. Estudios en domesticación y cultivos de especies medicinales y aromáticas nativas. Uruguay.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2010. Estimación de la población total en la República, por provincia, y comarca indígena, según sexo y grupos de edad: al 1 de julio de 2010. <http://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- Joly, L.G., S. Guerra, R. Séptimo, P.N. Solis, M. Correa, M. Grupa, Levy; F. Sndberg. 1984-1988. Investigación Agropecuaria. Inventario Etnobotánico de plantas medicinales usadas por los indios Gaymíes del occidente de Panamá. Universidad de Panamá. Imprenta Universitaria. p.180-192.
- Köppen, W. 1936. Das Geographische System der Klimate. Berlin, Alemania. Borntraeger Science Publishers. 44p.
- Kozel, C. 1982. Guía de medicina natural: salud y curación. Octava edición. Ediciones Omedium. España. 494 p.
- Lasso, T.E. 1972. Las Familias de Traqueófitas de Venezuela. Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Universidad de Oriente de Venezuela. 172 p.
- Morales, O.L. 2015. Flora Medicinal de uso tradicional en el corregimiento de Kankintú, distrito de Kankintú; Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá 2014-2015. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma de Chiriquí Panamá. 154 p.
- Pérez, CI. 2008. El Uso de las Plantas Medicinales. https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/8921/tra6_p23-26_2010-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado 23 nov. 2018).



PAN-ANAM-GTZ (Proyecto Agroforestal Ngäbe-Autoridad Nacional del Ambiente-Agencia Alemana de Cooperación). 1997. Sistemas y Combinaciones Agroforestales Tradicionales. Tomo XIII. San Félix, Panamá.

PAN-ANAM-GTZ (Proyecto Agroforestal Ngäbe-Autoridad Nacional del Ambiente-Agencia Alemana de Cooperación). 2002. Atlas de la Comarca Ngäbe-Buglé. San Félix. Panamá.

Rodríguez, R. 2011. Estudio de la Flora Medicinal en el Corregimiento de Umäni y Cerro Caña, Distrito de Muna, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá (224-629 msnm). Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

Ruíz, S.E. 2011. Medicina Tradicional Indígena y Medicina institucionalizada, Códice de la Cruz Bandiano. <https://seruserdeluz.wordpress.com/2011/12/15/medicina-tradicional-indigena-y-medicina-institucionalizada/> (consultado 16 nov. 2015).

UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2012. Directrices para el uso de los Criterios de la Lista Roja de la UICN a nivel regional y nacional: Versión 4.0. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. 43 p.

Woodson, R.E., and R. Schery. 1981. Flora of Panama. In: Annals of the Missouri Botanical Garden. USA.



BIOPROSPECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CEPAS NATIVAS DEL NEMATODO ENTOMOPATÓGENO *Heterorhabditis* EN PANAMÁ¹

**Eric M. Candanedo-Lay²; Gregorio Aranda-Caballero³;
Alci Cabezón-Puchicama⁴; Luisa Daniela Reina-Peña⁵**

RESUMEN

El Laboratorio de Nematología (NEMALAB) inició en el 2014 un programa para la bioprospección de nematodos entomopatógenos (NEP), principalmente en las áreas de influencia del Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr) del IDIAP, en las provincias de Colón, Darién y Panamá. Para los muestreos de suelos de las prospecciones se dio prioridad a fincas o sitios en donde no se aplican plaguicidas. Al mismo tiempo, se estableció un Programa de Producción y Crianza de larvas sanas de la polilla mayor de los apiarios, *Galleria mellonella*, en una de tres dietas artificiales evaluadas con anticipación, para multiplicación y mantenimiento *in vivo* de las cepas nativas de NEP que se hallaran. También se estableció un Banco de Cepas Nativas de NEP para depositar y mantener las cepas encontradas, para usos futuros en estudios taxonómicos para identificar las especies de las cepas depositadas (por morfometría y biología molecular) y la realización de pruebas de eficacia de las cepas en el control biológico de plagas insectiles. Se han aislado 16 cepas nativas de NEP (NEMALAB 1H a NEMALAB 16H) identificadas por taxonomía convencional (morfometría) bajo microscopio compuesto de luz, dentro del género *Heterorhabditis* (8 de Colón, 5 de Darién, 1 de Panamá, 1 de Coclé y 1 de Panamá Oeste), en la rizosfera de 12 cultivos (ají dulce, cacao, café Robusta, cítricos, guineo Patriota, jengibre, maíz, papaya, piña, plátano Cuerno Rosado, yuca y toronja). Cada cepa fue geo etiquetada en coordenadas UTM y se registró la altitud del hallazgo en msnm, para referencias futuras. Las cepas con su bacteria simbionte incorporada internamente, *Photorhabdus* spp., se mantienen en el cepario en agua destilada. Para mantener las cepas vivas, activas y patogénicas estas se refrescan mensualmente infectando larvas sanas de *G. mellonella* y recuperando especímenes del tercer estadio juvenil infectivo (J3), que emergen de los cadáveres de las larvas infectadas y muertas colocadas en “trampas de White”.

Palabras claves: Muestreo de rizosfera, *Galleria mellonella*, dieta artificial, pruebas de eficacia, banco de cepas.

¹ Recepción: 15 de enero de 2019. Aceptación: 30 de octubre de 2019. IDIAP.

² Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr). Ph.D. en Nematología. e-mail: emcandanedo@gmail.com

³ IDIAP. CIAOr. Lic. en Biología. e-mail: garandacaballero9@gmail.com

⁴ IDIAP. CIAOr. Bachiller. e-mail: alsicabe4@gmail.com

⁵ IDIAP. CIAOr. Lic. en Adm. Empr. Agrop. e-mail: luisa16.lpa@gmail.com



BIOPROSPECTION AND CONSERVATION OF NATIVE CEPAS OF THE ENTOMOAGRAPHIC NEMATOD *Heterorhabditis* IN PANAMA

ABSTRACT

In the year 2014 the Nematology Lab (NEMALAB) established a program for bioprospecting entomopathogenic nematodes (EPN's), mainly in the areas of influence of IDIAP's Oriental Agricultural Research Center, at Colon, Darien and Panama provinces. For prospection, soil samples were collected primarily from farms or sites where pesticides are not applied. At the same time, a Program for the Production and Rearing of healthy larvae of apiary's greater moth, *Galleria mellonella*, was established in one of three previously evaluated artificial diets, for the multiplication and *in vivo* maintenance of the native EPN strains. A Native Strains Bank was also established for depositing and maintaining found strains, for future uses in taxonomic studies for species identification of deposited strains (by morphometry and molecular biology) and the making of efficacy trials for biological control of insect pests. To November 2018 16 EPN's native strains have been isolated (NEMALAB 1H to NEMALAB 16H) identified by conventional taxonomy (morphometry) under a compound microscope, within the genus *Heterorhabditis* (8 from Colon, 5 from Darien, 1 from Panama, 1 from Cocle and 1 from West Panama), in the rhizosphere of 12 crops (sweet pepper, cocoa, Robusta coffee, citrus, Patriota guinea, ginger, corn, papaya, pineapple, Cuerno Rosado plantain, yucca, and grapefruit). Each strain was geo-labeled in UTM coordinates and its altitude was registered in masl, for future references. The strains and their internally incorporated symbiont bacterium, *Photorhabdus* spp., were maintained at the strains bank in distilled water. To maintain them alive, active and pathogenic they were monthly refreshed by infecting healthy larvae of *G. mellonella* and recovering specimens of their third infective juvenile stage (J3) as they emerge from the cadavers of the infected and dead larvae, placed on top of "White traps".

Key words: Sampling in rhizosphere, *Galleria mellonella*, artificial diets, efficacy trials, strains bank.

INTRODUCCIÓN

Las plagas y enfermedades de los cultivos están entre las limitantes más serias de la producción agrícola en Panamá. Su presencia es inevitable e induce a la aplicación de plaguicidas químicos como principal herramienta de los productores para su manejo y control. El uso indiscriminado de estos productos de la síntesis química, además de incrementar el costo de producción, contamina los agroecosistemas y sus cuencas hidrográficas y puede provocar la aparición de poblaciones de plagas cada vez más resistentes, entre estas las plagas insectiles. Al disminuir la eficacia, el productor tiende a incrementar las dosis de aplicación de estos agroquímicos, con el objetivo de proteger su



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

inversión, escapando o controlando el daño. Esto crea un círculo vicioso que, con frecuencia, termina con la pérdida de rentabilidad de los cultivos y el abandono de la actividad por los productores. Lo último tiene serias consecuencias no solo para el productor si no para los trabajadores agrícolas y sus familias que quedan sin fuentes de ingresos, para las empresas agropecuarias que ven disminuida su clientela y para la sociedad en su conjunto. Consciente de esta problemática, el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) lleva años privilegiando la investigación agropecuaria orientada a la generación de tecnologías amigables a los agroecosistemas. Estas van desde tácticas muy específicas como la resistencia genética, el control etológico y el control biológico, entre otras, hasta estrategias muy amplias, con enfoque holístico, como el Manejo Integrado de Plagas (MIP) y el Manejo Integral de Cultivos (MIC), que permiten producir alimentos de manera amigable y sostenible en el tiempo. Las tácticas específicas pueden luego integrarse a nuevas estrategias de MIC y MIP, luego de su validación y prueba. Una de ellas es el control biológico y, dentro de este, el de plagas insectiles clave con nematodos entomopatógenos. Estos nematodos son utilizados en muchos países por la amplia gama de insectos que les sirven de hospederos, su alta eficacia biológica, su bajo costo de producción (comparados con los agroquímicos) y de aplicación, así como por su inocuidad para el ser humano y los animales domésticos. Portan una bacteria patógena que es la que mata los insectos y con la que mantienen una *simbiosis mutualista* de la que ambos se benefician: los nematodos entomopatógenos proveen a la bacteria simbiote el transporte y la entrada al hemocele de los insectos, donde la liberan; la bacteria simbiote se multiplica, mata al insecto por septicemia y los nematodos se alimentan de la bacteria y de los *detritus* o detritos producidos por la descomposición de los cadáveres de los insectos causada por la bacteria. Sin embargo, lo más conveniente es utilizar cepas nativas, mejor adaptadas a las condiciones agroclimatológicas locales, que cepas importadas de otros países que los comercializan a precios más altos que las producidas localmente. El IDIAP evaluó preliminarmente estos nematodos en la década de 1990, en el marco del PRECODEPA (Programa Regional Cooperativo de Papa) y desde el año 2014 se ha retomado esta línea de investigación a través de un proyecto específico y a través de una Tesis de Maestría de la Universidad Interamericana de Panamá, con la colaboración del IDIAP (IDIAP, 2014; Morales, 2016).



El objetivo central de este trabajo era la búsqueda y mantenimiento de cepas nativas de nematodos entomopatógenos, con énfasis en las áreas de influencia del Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr) del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en las provincias de Panamá (Este), Colón y Darién para, posteriormente, identificar las especies y evaluar su eficacia biológica sobre distintas plagas insectiles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bioprospecciones

Entre 2014 y 2018 se realizaron más de 35 prospecciones de cepas nativas de nematodos entomopatógenos (NEP), principalmente en las provincias de Panamá (Este), Colón y Darién, áreas correspondientes al Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOR), incluyendo algunas en las provincias de Panamá Oeste y Coclé. Para las bioprospecciones se seleccionaron, preferiblemente pero no exclusivamente, fincas en las que no se aplican plaguicidas de la síntesis química. Entre los años 2014 y 2015 las bioprospecciones consistían en la recolección de cadáveres de larvas de plagas insectiles dispersas sobre la superficie del suelo y a profundidades entre 15 cm y 20 cm; entre 2015 y 2018, en la recolección de muestras compuestas de suelo de la rizosfera de distintos cultivos a profundidades similares. Por separado, se recolectaron muestras compuestas de suelo de la rizosfera de diversos cultivos y, con ayuda de un GPS, se registraba la ubicación geográfica en coordenadas UTM y la altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm) de cada una, para poder reubicar, posteriormente, aquellas en las que se encontrara una cepa nativa de nematodo entomopatógeno (NEP).

Captura de las cepas nativas de NEP con un insecto trampa

La bioprospección por el método de recolección de cadáveres se suspendió en el 2015 por ser muy poco eficaces y difíciles de implementar y se reemplazó por el muestreo de suelos. En el Laboratorio de Nematología del CIAOR (NEMALAB), en Tanara, El Naranjal, Chepo, las muestras de suelo eran homogenizadas y colocadas en tres u ocho envases plásticos con tapa, según la cantidad de suelo recolectada y la disponibilidad de larvas de la “polilla mayor de los apiarios”, *Galleria mellonella*, producidas en dieta artificial en el laboratorio y utilizadas como “insecto trampa” para la captura de NEP. En cada



envase se colocaban unos 400 cm³ del suelo dejando un espacio libre, para el intercambio de oxígeno y CO₂, entre la superficie del suelo y la tapa del envase.

Sobre el suelo se depositaron de tres a seis larvas vivas y sanas de *G. mellonella* y se colocó la tapa sobre la que, previamente, se habían hecho una serie de pequeños hoyos con un alfiler caliente, para permitir la entrada y salida de gases. Las larvas de *G. mellonella* entran en el suelo buscando oscuridad y, en las muestras positivas, los juveniles infectivos J3 (juveniles dauer) del NEP las buscan y, al encontrarlas, penetran en su hemocele por las aberturas naturales (boca, espiráculos y ano). El género de NEP *Heterorhabditis*, adicionalmente, puede penetrar a través del tegumento intersegmental de las larvas insectiles, con la ayuda de un diente dorsal que poseen en su región labial (Figura 1).



Figura 1. Captura de nematodos entomopatógenos (NEP) en muestras de suelo con el insecto trampa, *Galleria mellonella*.

Extracción de las cepas nativas de NEP

Dos a cuatro días después de colocar las larvas de *G. mellonella* sobre el suelo, las que son infectadas por los J3 del NEP experimentan un cambio en su coloración, reducen su metabolismo y mueren por septicemia (infección generalizada) de 24 a 48 horas después de la introducción de la bacteria patógena simbiote, *Photorhabdus* sp., en el caso del género de NEP *Heterorhabditis*. Una o dos larvas son abiertas con un bisturí y observadas bajo un estereoscopio, recolectando por separado hembras hermafroditas (primera generación) y hembras anfimícticas y machos (segunda generación) que se



conservan en formalina al 5% para su posterior identificación convencional (morfometría) a nivel de especies, utilizando claves de identificación (Figura 4). La identificación convencional será confirmada por biología molecular. El resto de las larvas muertas se enjuagan profusamente en agua destilada y se colocan en “trampas de White” construidas con envases de boca ancha de 300 a 400 ml de capacidad y fondo plano sobre el que se coloca un fondo de plato Petri pequeño (5 cm de diámetro) o un dispositivo similar, invertido (Figura 2). La superficie plana expuesta del Petri invertido se cubre con papel filtro cuyos bordes lleguen hasta el fondo del envase grande y se vierte agua destilada o del grifo, sin rebasar la superficie del plato Petri. El papel filtro se humedece completamente por capilaridad y sobre el Petri se colocan todas las larvas muertas de *G. mellonella*, a razón de una trampa de White por cada envase con suelo (White, 1927). De seis a ocho días después (9 a 12 días después de haber colocado las larvas sanas de la polilla sobre el suelo), consumido completamente el cuerpo de la larva de *G. mellonella*, miles de especímenes de una nueva generación de juveniles infectivos dauer (J3) abandona el cadáver por carencia de alimento y, por gravedad, se precipitan al fondo del envase grande (Figura 3), donde son recolectados (en la naturaleza, pasan al suelo en busca de nuevos hospederos). A cada nueva cepa nativa se le asigna un código de identificación provisional y se deposita en el cepario o Banco de Cepas Nativas.



Figura 2. Larvas de *Galleria mellonella* en trampas de White.



Figura 3. Juveniles infectivos dauer.



Figura 4. Hembras hermafroditas, hembras anfimícticas y machos en el hemocele de una larva *G. mellonella*.



Conservación e incremento de las cepas nativas almacenadas

Los juveniles infectivos J3 de las nuevas cepas, portando la bacteria simbiote fresca, adquirida en el cadáver insectil abandonado, no se alimentan y se mantienen en el cepario o Banco de Cepas Nativas, en agua destilada. Estos juveniles dauer pueden mantenerse vivos durante semanas, sin alimentarse, pues poseen un metabolismo muy reducido. Mensualmente, se realizan reinfecciones de las cepas nativas almacenadas en platos Petri con el fondo cubierto con papel de filtro, sobre el que se colocan larvas sanas de *G. mellonella* que reciben un inóculo de la cepa que se desea refrescar. De este modo se conservan e incrementan las poblaciones de las cepas nativas encontradas para, posteriormente, identificar las especies por taxonomía convencional y biología molecular. También para la realización de pruebas de eficacia biológica sobre distintas plagas insectiles claves en diversos cultivos de importancia económica en Panamá.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El método de bioprospección por recolección de cadáveres de plagas insectiles era poco eficiente y muy laborioso para implementar. Con frecuencia no se encontraban cadáveres de las larvas insectiles o, cuando se encontraban, podían no contener juveniles infectivos de NEP, ya que los insectos habían muerto por otras causas o porque ya los NEP habían abandonado el cadáver insectil, totalmente descompuesto, y estaban en el suelo. No fue posible hallar cepas nativas de NEP con este método tras un año de estarlo implementando.

Las bioprospecciones por recolección de muestras compuestas de suelos en la rizosfera de los cultivos dieron resultados positivos desde el inicio de su implementación. Luego de múltiples bioprospecciones, principalmente en las áreas de influencia del Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr), se hallaron 16 cepas nativas de nematodos entomopatógenos, todas identificadas dentro del género *Heterorhabditis* (Cuadro 1). La identificación de las especies de cada cepa está en progreso. Las mismas están el cepario del Laboratorio de Nematología (NEMALAB) del CIAOr donde se mantienen en suspensión en agua destilada y se conservan vivas mediante reinfecciones mensuales en larvas de la polilla mayor de los apiarios, *Galleria mellonella*. La conservación *in vivo* en larvas de la polilla también permite que la bacteria simbiote se mantenga viva y patogénica.



Las cepas se denominaron provisionalmente, a medida que eran halladas, NEMALAB 1 hasta NEMALAB 16 (Cuadro 1). Se incluye información adicional como la rizosfera de los cultivos en que fueron encontradas, las coordenadas UTM de cada una (para referencia futura o recuperación), la altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm), las comunidades y provincias de los hallazgos y los productores en cuyas fincas se realizaron las bioprospecciones de los hallazgos. La identificación del género en que se ubican las cepas nativas encontradas se realizó por taxonomía convencional (morfometría), utilizando distintas claves de identificación como Nguyen and Smart, 1995; Nguyen, 2007; Nguyen and Hunt, 2007; Malan et al., 2011; Hunt and Nguyen, 2016.

Cuadro 1. Cepas nativas del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* spp. halladas en múltiples bioprospecciones, 2014 – 2018.

| Código de entrada en el CEPARIO | Cultivo | Coordenadas UTM | Altitud (msnm) | Comunidad | Provincia | Productor |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------|------------|--------------------------------|
| NEMALAB 1H | Cacao | 17 P 0648419, 1026745 | 164 | Quebrada Ancha | Colón | Esperanza Mesa |
| NEMALAB 2H | Cacao | 17 P 0656210, 1031239 | 135 | Lago Alajuela | Colón | Manuel Ureña |
| NEMALAB 3H | Café Robusta | 17 P 0656200, 1031207 | 161 | Lago Alajuela | Colón | Manuel Ureña |
| NEMALAB 4H | Cítricos | 17 P 0656116, 1031118 | 100 | Lago Alajuela | Colón | Manuel Ureña |
| NEMALAB 5H | Guineo Patriota | 17 P 0656200, 1031207 | 161 | Lago Alajuela | Colón | Manuel Ureña |
| NEMALAB 6H | Cacao | 17 P 0684039, 1007241 | 21 | Cabras | Panamá | Onesio Martínez |
| NEMALAB 7H | Maíz | 17 P 0554058, 0932965 | 34 | Boca Toma, Natá | Coclé | Abilio Ramos |
| NEMALAB 8H | Piña | 17 P 0622633, 0992501 | 133 | Las Zanguengas | Pmá. Oeste | Cabo Zarso, lote 3, parcela 31 |
| NEMALAB 9H | Papaya | 18P 0179660, 0933384 | 61 | Sansoncito | Darién | Abenicio Vásquez |
| NEMALAB 10H | Piña | 18 P 0179656, 0933383 | 63 | Sansioncito | Darién | Abenicio Vásquez |
| NEMALAB 11H | Plátano Cuerno Rosado | 18 P 0179635, 0933384 | 58 | Sansioncito | Darién | Abenicio Vásquez |
| NEMALAB 12H | Yuca | 18 P 0179619, 0933377 | 45 | Sansioncito | Darién | Abenicio Vásquez |
| NEMALAB 13H | Jengibre | 17 P 0648318, 1026662 | 129 | Q Ancha, Salamanca | Colón | Esperanza Meza |
| NEMALAB 14H | Toronja | 17 P 0648320, 1026664 | 134 | Q Ancha, Salamanca | Colón | Esperanza Meza |
| NEMALAB 15H | Aji Dulce | 18 P 0181455, 0932142 | 69 | Sansoncito | Darién | Nicolás Bravo |
| NEMALAB 16H | Café Robusta | 17 P 0642846, 1026750 | 84 | Buena Vista | Colón | Finca del IDIAP |

La cabeza, vulva y cola de una hembra hermafrodita se observa en la Figura 5, mientras que en la Figura 6, el macho (cabeza y cola); el juvenil infectivo dauer (J3) en la Figura 7. Son microfotografías de la cepa nativa NEMALAB 1H (la primera cepa hallada), encontrada en la rizosfera de un cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), creciendo a 164 msnm, en la finca del señor Esperanza Meza, en Quebrada Ancha, distrito de Salamanca, provincia Colón.



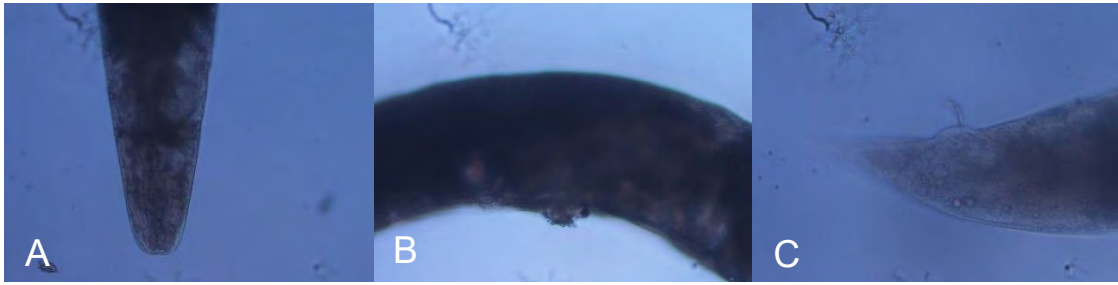


Figura 5. Cabeza (A), vulva (B) y cola de hembra hermafrodita de *Heterorhabditis* spp. (C)

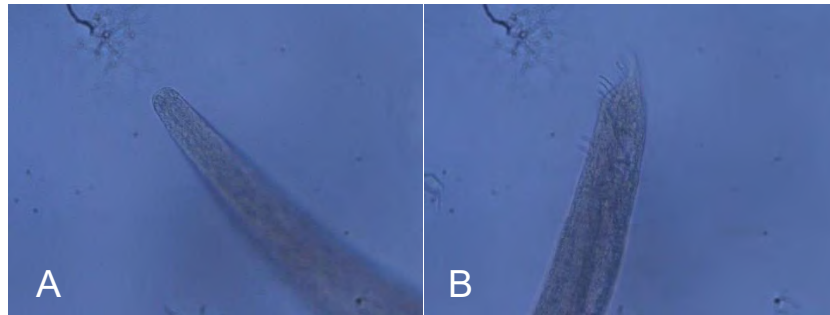


Figura 6. Cabeza (A) y cola con espícula y costillas de la bursa (B), macho, *Heterorhabditis* sp. (40X).

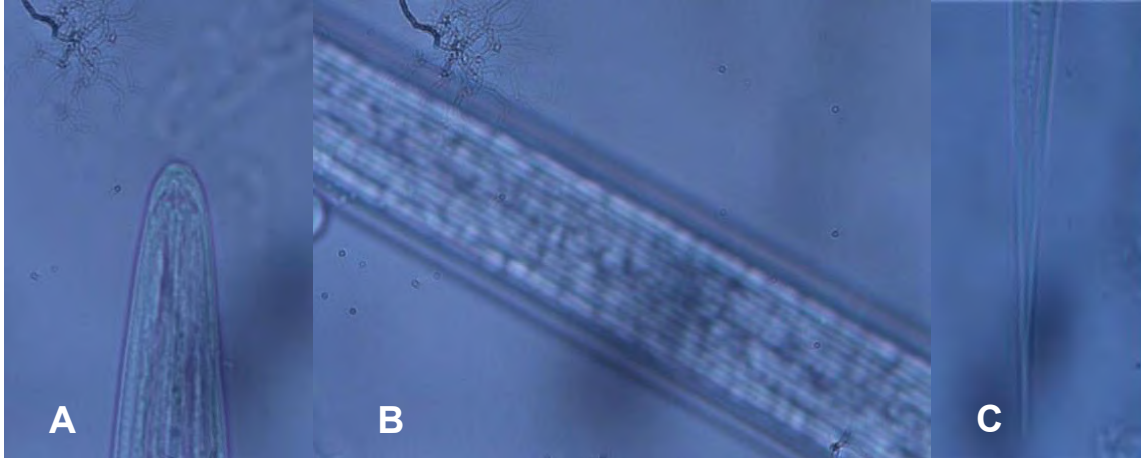


Figura 7. Cabeza con diente dorsal (A), campo lateral (B) y cola de juvenil infectivo dauer (C) de *Heterorhabditis* sp. (100X).



CONCLUSIONES

- El método de bioprospección de cepas nativas de nematodos entomopatógenos por muestreo de suelos de la rizosfera de diversos cultivos (años 2015 - 2018) fue más eficaz para la captura de juveniles infectivos J3 (juveniles dauer) que el de la recolección de cadáveres de larvas insectiles utilizado inicialmente (año 2014 - 2015).
- En las áreas muestreadas del CIAOR existen condiciones agroclimatológicas que favorecen la predominancia del género *Heterorhabditis* sobre el género *Steinernema*, del cual no se hallaron cepas nativas en más de treinta bioprospecciones realizadas que incluyeron las provincias de Panamá (Este), Colón y Darién.
- Queda pendiente la identificación de especies de las cepas nativas halladas por taxonomía convencional y por biología molecular (ADN), así como las pruebas de su eficacia en laboratorio y campo sobre plagas insectiles de distintos cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 2014. Prospección, identificación, crianza y eficacia biológica de cepas nativas de nematodos entomopatógenos y microorganismos benéficos para el control biológico de plagas insectiles y patógenos, en zonas de producción agrícola de Panamá Este y Colón. IDIAP.
- Hunt, D.J. and K.B. Nguyen (Eds). 2016. Advances in Entomopathogenic Nematode Taxonomy and Phylogeny. Nematology Monographs and Perspectives 12 (Series Editors: Hunt, D. J. & Perry, R. N.). Brill, Leiden - Boston.
- Malan, A.P., R. Knoetza and S.D. Moore. 2011. Isolation and identification of entomopathogenic nematodes from citrus orchards in South Africa and their biocontrol potential against false codling moth. Invertebrate Pathology 108: 115 - 125.
- Morales, P. 2016. Localización e Identificación de Cepas Nativas de Nematodos Entomopatógenos en Zonas de Producción Agrícola de Panamá. Tesis para optar al grado de Maestría en Gestión Ambiental. Universidad Latina de Panamá.



Nguyen, K.B. 2007. Methodology, morphology and identification. In: Nguyen, K.B. and Hunt, D.J. (Eds). 2007. Entomopathogenic Nematodes: Systematics, phylogeny and bacterial symbionts. Nematology Monographs and Perspectives 5 (Series Editors: Hunt, D.J. & Perry, R.N.). Brill, Leiden - Boston, p. 59 - 119.

Nguyen, K.B. and D.J. Hunt (Eds.). 2007. Entomopathogenic Nematodes: Systematics, phylogeny and bacterial symbionts. Nematology Monographs and Perspectives 5 (Series Editors: Hunt, D.J. & Perry, R.N.). Brill, Leiden - Boston.

Nguyen, K.B. and G.C. Smart Jr. 1995. Morphometrics of infective juveniles of *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis bacteriophora* (Nemata: Rhabditida). Nematology 27: 206-212.

White, G.F. 1927. A method for obtaining infective nematode larvae from culture. Science 66: 302 - 303.



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE TRES GENOTIPOS CRIOLLOS PROMISORIOS DE *Theobroma cacao* L., EN PANAMÁ¹

*Abiel Gutiérrez*²

RESUMEN

La diferenciación taxonómica de plantas se realiza utilizando un conjunto de descriptores para identificar, estudiar y conservar los recursos fitogenéticos. Con el propósito de caracterizar morfológicamente tres clones élites de Cacao seleccionados en las fincas de productores socios de la Cooperativa de Servicios Múltiples Cacao Bocatoreña R.L (COCABO R.L.), a partir de una selección previa del 2009. Se realizó un estudio de febrero a junio del 2018, en el corregimiento de Almirante, ubicado en la provincia de Bocas del Toro, República de Panamá. Se utilizaron tres tipos de árboles de cacao y para éstos 12 descriptores, 15 descriptores para los frutos y se aplicaron cinco descriptores cualitativos y cuantitativos para las semillas. Como resultado se obtuvo que la característica morfológica más dominantes en el grupo genético, fue la coloración verde de la hoja por ausencia de antocianina, coloración blanca del cotiledón y la flor. Se obtuvo las características morfológicas de tres genotipos criollos promisorios de *Theobroma cacao* L. que se designaron como los clones AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco).

Palabras claves: árboles élites, selección local, descriptores morfológicos, índices de semilla.

¹Recepción: 24 de abril de 2019. Aceptación: 6 de enero de 2020. Investigación Financiada por el IDIAP. Proyecto: Investigación e Innovación del manejo integrado del cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.), en zonas de pobreza rural e indígena del trópico húmedo en Bocas del Toro.

²IDIAP. CIA Bocas del Toro. Ing. Agr. Fitotecnista. e-mail: abiel.gutierrez@yahoo.es



MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THREE PROMISING CREOLE GENOTYPES OF *Theobroma cacao* L., IN PANAMA

ABSTRACT

The taxonomic differentiation of plants is carried out using a set of descriptors to identify, study and conserve plant genetic resources. With the purpose of morphologically characterizing three elite cocoa clones selected in the farms of producers associated members to Cooperativa de Servicios Múltiples Cacao Bocatoreña RL (COCABO RL.), based on a previous selection in 2009. A study was carried out from February to June of 2018, in the district of Almirante, located in the province of Bocas del Toro, Republic of Panama. Three types of cocoa trees were used and for these 12 descriptors, 15 descriptors for the fruits and five qualitative and quantitative descriptors were applied for the seeds. As result, it was obtained that the most dominant morphological characteristic in the genetic group was the green coloration of the leaf due to the absence of anthocyanin, white coloration of the cotyledon and the flower. The morphological characteristics of three promising creole genotypes of *Theobroma cacao* L. were obtained, which were designated as clones AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado and AS-CP 26-61 Mulato (purple and white).

Key words: elite trees, local selection, morphological descriptors, seed indexes.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Bocas del Toro el Cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de relevancia económica, social y ambiental. El nombre Cacao significa “alimento de los dioses” y es una especie de origen americano que pertenece a la familia Esterculiaceae. Distribuida en el Continente Americano, existen 22 especies del género *Theobroma*, Tiene un número cromosómico $2n = 20$ (Arguello et al., 2000). Se considera esta región como el centro de diversificación y origen de la especie (Bartley, 1994; León, 1987; Enríquez, 1985).

Se distinguen tres grupos ecológicos, los Nativos (cultivado por aborígenes americanos desde ante de llegada de Colón), Introducidos y Mejorados, y en el Cacao Nativo se diferencian tres grupos: Criollos, Forasteros y Trinitario, este último es un híbrido entre Criollo y Forastero (Cuadro 1).



Cuadro 1. Principales diferencias entre genotipos criollos y forasteros.

| Características | Cacao criollo | Cacao forastero |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Horquetas o verticilios | Pocas o nada | Abundantes |
| Compatibilidad genética | Autocompatible | Frecuentemente incompatible |
| Vigor y floración | Poco | Mucho |
| Resistencia a enfermedades | Susceptibles | Muy resistentes |
| Color de hojas jóvenes | Verdes o rojas claras | Opacas |
| Tamaño de la flor | Flores grandes | Medianas, pequeñas |
| Color de la mazorca | Rojo claro | Morado oscuro |
| Semillas por fruto | Menos de 30 | Hasta 45 |
| Envoltorio del fruto o pericarpio | Fino y blanco | Espeso y duro |
| Mesocarpio | Ausente o delgado | Duro y grueso |
| Formas de la semilla | Redonda | Alargadas |
| Color de las semillas | Blanca y rosada | Morada |
| Sabor del muscílago o baba | Dulce | Ácido |
| Sabor de la semilla | Dulce | Amargo |
| Tiempo de fermentación | 3 días | Hasta 8 días |

De 1978 a 1987 con un aumento en los precios internacionales del Cacao, la actividad adquiere un nuevo impulso, a través del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) que introdujo al país híbridos de la colección del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanzas (CATIE), Turrialba, Costa Rica (Miranda, 1992), y se distribuyó entre productores de Cacao de toda la provincia.

La aparición y diseminación de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), enfermedad descrita en el ámbito mundial como la afección más importante y destructiva del Cacao (*Theobroma Cacao* L.) (Phillips-Mora, 2003), produce la caída de la actividad Cacaotera; cuyos primeros reportes a nivel nacional fueron en San Blas y Darién. Se detectó en junio de 1979 el primer foco de Monilia en la provincia de Bocas del Toro, en donde está establecida la principal zona productora de Cacao en Panamá (Orellana, 1956). La caída de la producción por el efecto de la Monilia y los bajos precios del Cacao provocaron el abandono de las plantaciones y/o su remplazo por otros rubros como pasturas y/o plátano.



En 1995, se reactiva la actividad con la certificación orgánica y de comercio justo a más de 100 ha de Cacao. La COCABO R.L. apoya la certificación de las fincas de sus asociados con la certificadora costarricense Ecológica. En el 2004 la cooperativa obtiene la certificación de comercio justo (Fair Trade) y en el 2005 las fincas son certificadas con sello de Suiza Bio-Suisse (COCABO, 2004) Con la certificación los productores obtienen un sobre precio por libra de Cacao seco, lo que beneficio a más de 1000 productores de Cacao en Bocas del Toro.

La actividad de Cacao en la provincia de Bocas del Toro se desarrolla con mayor énfasis en los corregimientos de Almirante, Changuinola y Valle de Risco. Considerando el Cacao como una especie primordial en el sistema agroforestal campesino en estas y otras zonas.

Se estima en la provincia de Bocas del Toro, que hay 6500 ha, con la participación de aproximadamente de 2300 familias en la Asociación de Productores Cacaoteros, exportando por año 875 toneladas de Cacao (22 contenedores). las cuales en su mayor parte se encuentran en zonas indígenas de las etnias Ngäbe-Buglé y Naso-Teribe, cuyos pobladores por lo general cultivan el cacao en sistemas agroforestales (SAF) con un promedio de 3,5 ha por agricultor (Pineda, 2007).

Panamá se encuentra entre los 24 países exportadores de Cacao de aroma fino que es definido como el Cacao con índice mayor de 50%, de acuerdo a cifras de la Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2005).

La demanda actual de Cacao está centrada en la cantidad que pueda producirse por unidad de área y definida por la calidad del grano, lo que direcciona hacia donde las empresas chocolateras destinan parte de su producción y depende del interés de los consumidores por productos de calidad, con aroma y sabores característicos.

Desafortunadamente, el Cacao criollo de almendra blanca en la provincia de Bocas del Toro se encuentra ante un inminente peligro de desaparición por efecto de diversos factores como el cambio del uso del terreno, problemas sanitarios, abandono del



germoplasma criollo por sustitución con introducciones de Cacao híbrido o clones (Sánchez, Solórzano y Tortolero, 1991; González, 2006).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), desarrollo una investigación, con el objetivo de determinar las características morfológicas de tres clones élitos de Cacao en las fincas de productores, en vista de mejorar las plantaciones de cacao en provincias de Bocas del Toro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El trabajo tuvo una duración de 6 meses durante el año 2018, en la parcela experimental del Instituto de Investigación Agropecuario de Panamá (IDIAP), en el corregimiento de Almirante, ubicado en la provincia de Bocas del Toro, República de Panamá. En las siguientes coordenadas UTM 17P N 9°17'00,3 Y W 82°24'45,8, a una altura de 1,25 msnm (GPS), con una precipitación pluvial anual de 2020 mm/año, temperatura promedio de 26° C y humedad relativa de 84%, según la Estación Meteorología e Hidroeléctrica A.E.S.

Parcela experimental

La caracterización de los tres clones fue sobrepuesta en una parcela experimental establecida en 2009, utilizando un área de 500 m² por tratamiento x 3 tratamientos x 3 bloques, con una densidad de siembra de 800 plantas/ha de Cacao (3,5 x 3,5 m) y sombra de maderables de valor comercial y frutales.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, se evaluaron tres tratamientos y 10 repeticiones de clon AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco). (una planta = una repetición), de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del carácter estudiado

μ = es la media general de los tratamientos



T_j = es el efecto del tratamiento j (Clon).

E_{ij} = es el error experimental

Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos o Clones de Cacao: AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos o clones de Cacao a evaluar y distribuciones espaciales. Almirantes.

| Tratamientos | Distribución Espacial (M) | | Población Pl/ha |
|--|---------------------------|--------------|-----------------|
| | Dist/Hilera | Dist/Plantas | |
| T1. AS-CP 26-59 Blanco | 3,5 | 3,5 | 800 |
| T2. AS-CP 26-60 Morado | 3,5 | 3,5 | 800 |
| T3. AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco). | 3,5 | 3,5 | 800 |

Manejo del experimento

Selección de las fincas y árboles promisorios

El trabajo de selección se realizó en 29 fincas de productores asociados en la Cooperativa de Servicios Múltiples Cacao Bocatoreña R.L. (COCABO R.L.) en el año 2009. Los criterios considerados para la selección de los árboles fueron los propuestos por CATIE (2008) en la Guía para promotores y familias, Selección de árboles élites de Cacao en las fincas de familias Cacaoteras.

Los criterios aplicados a cada árbol para seleccionar la población de estudio, fueron los siguientes: No debe encontrarse en la orilla de la parcela, Sin competencia, No debe estar cerca de río, No encontrarse cerca del hogar del productor, No estar cercano al lugar de depósito de desechos orgánicos como cascara de Cacao, los genotipo de Cacao seleccionado previamente de las fincas de productores fueron un total de 10 árboles de Cacao promisorio y fueron evaluados mediante los siguientes indicadores: características de las plantas, frutos, semillas, hojas y flores, según descriptores de Engels et al., (1980); se procedió a descartar siete árboles élites de Cacao promisorio que dando tres árboles seleccionados se procedieron a tomar yemas para el establecimiento de la parcela experimental. Para la caracterización del genotipo de Cacao promisorio el cual se le dio los nombres de Clon AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado y AS-CP 26-61 Mulato



(morado y blanco) se utilizó una lista original de 34 descriptores morfológicos del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 2000). Con los siguientes criterios.

Características de la hoja

Para el registro de las características de la hoja se tomaron 10 por árbol de Cacao criollo provenientes de ramas plagiotrópicas maduras de la segunda o tercera posición a partir del ápice, con la ayuda de una regla se tomaron los siguientes datos:

Características cuantitativas

- Largo de la hoja en cm (LH) - Distancia desde el punto de inserción del pecíolo en la base del limbo hasta el ápice.
- Ancho de la hoja en cm (AH) - Se midió considerando tangentes trazadas en ambos bordes laterales, paralelo a la línea del largo.
- Relación larga/ancho (L/A) - Este valor se obtuvo dividiendo el largo entre el ancho de las hojas.
- Largo desde la base hasta el punto más ancho del limbo (LBA) - Distancia entre la base y la parte más ancha de la hoja.

Características cualitativas

- Forma de la hoja - Tomando en cuenta la relación LH/LBA se clasificó la forma de acuerdo a los siguientes parámetros:

$L/LBA < 2$ = Ovalada

$L/LBA > 2$ = Elíptica

$L/LBA = 2$ = Oblonga

- Angulo Basal (AB) - Se expresó en grados refiriéndose al ángulo formado por las tangentes trazadas en los bordes del limbo y el punto de inserción del pecíolo, clasificándolo según su mayor o menor abertura:

Angulo $< 90^\circ$ = Agudo

Angulo $> 90^\circ$ = Obtuso

- Angulo Apical (AA) - Este dato resultó de la medición de la abertura del ángulo formado por la tangente trazada desde el ápice del limbo a los bordes, clasificándolo como:

Angulo $< 90^\circ$ = Agudo

Angulo $> 90^\circ$ = Obtuso



Características de la flor

Se tomó muestra de cinco flores por árbol de Cacao criollo recién abiertas, sin síntomas de enfermedades y luego con la ayuda de un estereoscopio, se registraron los datos de la flor.

Características cualitativas

- Color del pedúnculo (CP) - Se consideró coloración rojiza o verde.
- Pigmentación del sépalo (PS) - Se observó, pigmentación rojiza o verde.
- Filamento estaminal (FE) - Considerándose la siguiente escala arbitraria Pigmentado (P), Medianamente Pigmentado (MP), No Pigmentado (NP).

Características cuantitativas

- Largo del sépalo en mm (LS) - Distancia desde el punto de unión de este con el receptáculo hasta su ápice N= 3.
- Ancho del sépalo en mm (AS) - Distancia entre los bordes laterales en la parte más ancha N= 3.
- Largo de la lígula en mm (Pétalo) (LL) - A partir del punto de inserción del ribete de la cogulla hasta el ápice N= 5.
- Ancho de la lígula en mm (AL) - Se mide en la parte más ancha de esta N= 15.
- Largo del estaminoíde en mm (LE) - Distancia desde la altura de encuentro con la columna estaminal hasta el ápice N= 5.
- Largo del estilo en mm (LE) - Distancia entre el ápice y el punto de inserción con el ovario N = 5.

Para definir la forma del sépalo y la lígula de los árboles estudiados, se calculó la relación larga/ancho.

Características morfológicas del fruto

De cada árbol en evaluación, se colectaron al azar 10 mazorcas fisiológicamente maduras, sin síntomas de enfermedad, utilizando un calibrador graduado en centímetros, y para los pesos se utilizó una balanza de precisión en gramos.

Característica cualitativa

- Color de mazorca: amarilla (a).



Características cuantitativas

- Largo del fruto en cm (LF) - Distancia desde la base en la unión del pedúnculo hasta el ápice N= 10.
- Ancho del fruto en cm (AF) - Se midió en la parte más ancha de la mazorca N= 10.
- Peso del fruto en g (PF) - Peso total de la mazorca N= 10.
- Peso de cáscara en g (PC) - Una vez separado las semillas se pesó la cáscara N= 10.
- Espesor de cáscara en el lomo en cm (EL) - Se consideró para la medida la parte más gruesa N= 10.
- Espesor del surco en cm (EF) - Se midió la parte intermedia entre los dos lomos N= 10.
- Número de semillas por fruto (NSF) - Se consideraron solo semillas con desarrollo normal N=10.

Para definir la forma de la mazorca se consideró la relación larga/ancho del fruto.

Características de la semilla

Se tomaron 10 frutos de los árboles en evaluación al azar del cual se utilizaron cinco semillas frescas por fruto para evaluar, con ayuda de un calibrador y balanza analítica.

Características cualitativas

- Color de semilla (CS) - Se evaluó con la siguiente escala: Violeta Oscuro (VO), Violeta Claro (VC) y Blanca (B).
- Para definir la forma de la semilla se consideró la relación Largo/Ancho de esta.

Características cuantitativas

- Peso de semilla húmeda con pulpa y testa en g (PSHPT) - Se pesaron cinco semillas por fruto.
- Peso de la semilla húmeda sin pulpa y testa en g (PSHSPT en) - Las mismas semillas utilizadas para registrar los datos anteriores se les retiró la pulpa y la testa y se pesaron.
- Peso de la pulpa y testa en g (PPT) - Valor obtenido de la diferencia entre el peso de la semilla húmeda con pulpa y testa y del peso de aquella que esta sin pulpa y testa.



- Largo de semilla en cm (LS).
- Ancho de semilla en cm (AS) - Se consideró la parte más ancha de la semilla.
- Espesor de la semilla en cm (ES)
- Peso de la semilla seca en g (PSS) - Se les dió un secado natural al 7% de humedad para finalmente ser pesado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según lo que se aprecia en el (Cuadro 1), las Principales características entre genotipos criollos propuesto por Lachenaud (1997) para cacao criollos, se pueden observar la morfología cualitativa de las hojas, flor y semilla húmedas en el cual expresa forma semejantes en clon AS-CP 26-59 Blanco y AS-CP 26-61 Mulato (morado y Blanco), manifiesta una hoja de color verde claro con una ausencia de antocianina, para la semilla húmeda expresa una coloración blanca y una pigmentación de color blanca para la flor (Figura 1 y 2).

Para las características cualitativas morfológica de la semilla, en cuanto a su forma, los clones AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco), manifiesta una semilla elíptica (Figura 1, 2 y 3); a diferencia de lo propuesto por Lachenaud et al., 1997 (Cuadro 1), pero si hubo semejantes características cualitativas morfológica de la hoja en cuanto a su forma para el clon AS-CP 26-60 Morado que mostro una forma de hoja ovoide.

Para la característica cualitativa de la flor, el clon AS-CP 26-60 Morado mostro una pigmentación de color purpura (Figura 2). Para la característica cualitativas morfológica del color del fruto, los clones AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco), expresaron una coloración en estado inmaduro de color verde y maduro amarillo (Cuadro 1, 2 y 3).

Prevalcieron para los clones AS-CP 26-59 Blanco, AS-CP 26-60 Morado, las formas e (ausente) de rugosidad (Figura 1 y 2); sin embargo, para el clon AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco), presento una rugosidad esto concuerda con propuesto por Lachenaud (Cuadro 1).



Para las formas del ápice, base del fruto del clon AS-CP 26-59 Blanco, manifestó un ápice en forma roma y silueta de la base a amelonado (Cuadro 1), para el clon AS-CP 26-60 Morado, plasma una forma redonda (Cuadro 2) y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco), presenta una forma aguda (Cuadro 3). Se observó que los clones AS-CP 26-60 Morado y clon AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco), conciertan la misma forma de base angoleta (Cuadro 2 y 3).

Se observó la caracterización morfológica cuantitativa de fruto y semilla en el (Cuadro 1 y 2) de los clones AS-CP 26-59 Blanco y AS-CP 26-60 Morado reportaron valores semejantes en pesos de frutos 500 g y peso de semillas secas- 1,2 g y el número de semillas en promedio fue de 32, lo que resalta el potencial de estos dos clones con rendimiento por hectáreas 2645,35 kg ha⁻¹.

Es importante mencionar que el clon AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco) presentaron pesos de frutos superiores 627 g, este clon obtuvo el mayor índice de semilla 1,3 g/semilla, y el número de semillas en promedio fue de 33, (Cuadro 3) lo que indica que este clon tiene un rendimiento de cacao 5291,15 kg ha⁻¹.



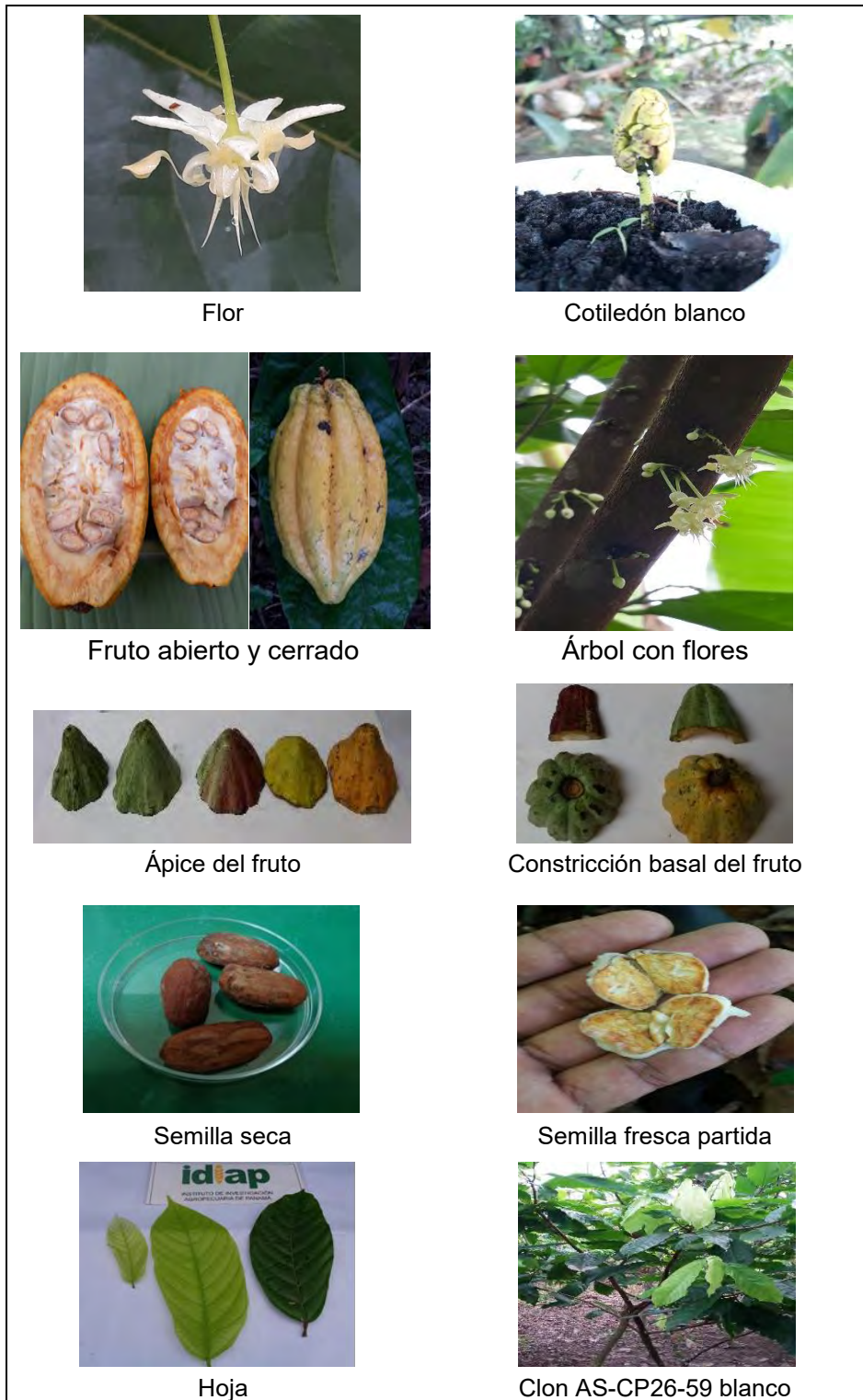


Figura 1. Características morfológicas del cacao criollo blanco, Clon AS-CP26-59.



Cuadro 2. Descripción del clon AS-CP 26-59 blanco.

| Planta | Flor | Semilla | Hoja | Fruto |
|--|---|--|--|--|
| Altura - 2,5 m | Largo de la flor cerrada - 2 cm a 2,5 cm | Color de la semilla fresca húmeda - blanco | Largo de hoja - 34,5 cm | Largo del fruto - 130 mm |
| Ancho - 6 m | Diámetro de la flor - 0,5 cm a 1 cm | Forma de la semilla - elíptica | Ancho de la hoja - 15,4 cm | Diámetro del fruto - 85 mm |
| N.º de Ramas - 4 | Largo del pedicelo - 1 cm a 3 cm | Largo de la semilla - 23,38 mm | Longitud de la base al punto más ancho de la hoja - 17,6 cm | Razón L/D - 1,55 |
| Disposición de las ramas - alternas | Forma de la flor - estrella | Ancho de la semilla - 12,44 mm | Longitud del peciolo - 2,1 cm | Grosor del exocarpio sobre el lomillo - 13 mm |
| Largo de Ramas - 2 m | No. de pétalos - 5 | Grosor de la semilla - 8,18 mm | Forma de la hoja - ovoide | Grosor del exocarpio en la canal - 1,5 mm |
| Color de Ramas - chocolate | Color de los pétalos - blanco | Color de la semilla seca - chocolate | Color de la hoja - Inmadura: Verde claro. Madura: Verde oscura. Ausencia de antocianina | Peso total del fruto (mazorca) - 500 g |
| No. Frutos por ramas basales - 10 | Largo de los pétalos - 6 cm | Peso de las semillas - 1,2 g | | Peso de la semilla c/pulpa - 108 g |
| No. de frutos por ramas superiores - 8 | Forma de los sépalos - cóncavos No. de sépalos - 5 Color de los sépalos - blanco Largo de los sépalos - 8,5 mm | | | Peso del exocarpio - 392 g Semillas por fruto - 32 Contrición basal del fruto - leve Forma del ápice del fruto - romo Superficie del fruto - lisa Lomillos (Surcos) - superficial Color del fruto en madurez - amarillo Color del fruto >3 meses - verde Tipo de fruto con base a su forma - amelonado Color de la semilla seca - chocolate Peso de la semilla - 1,2 g |



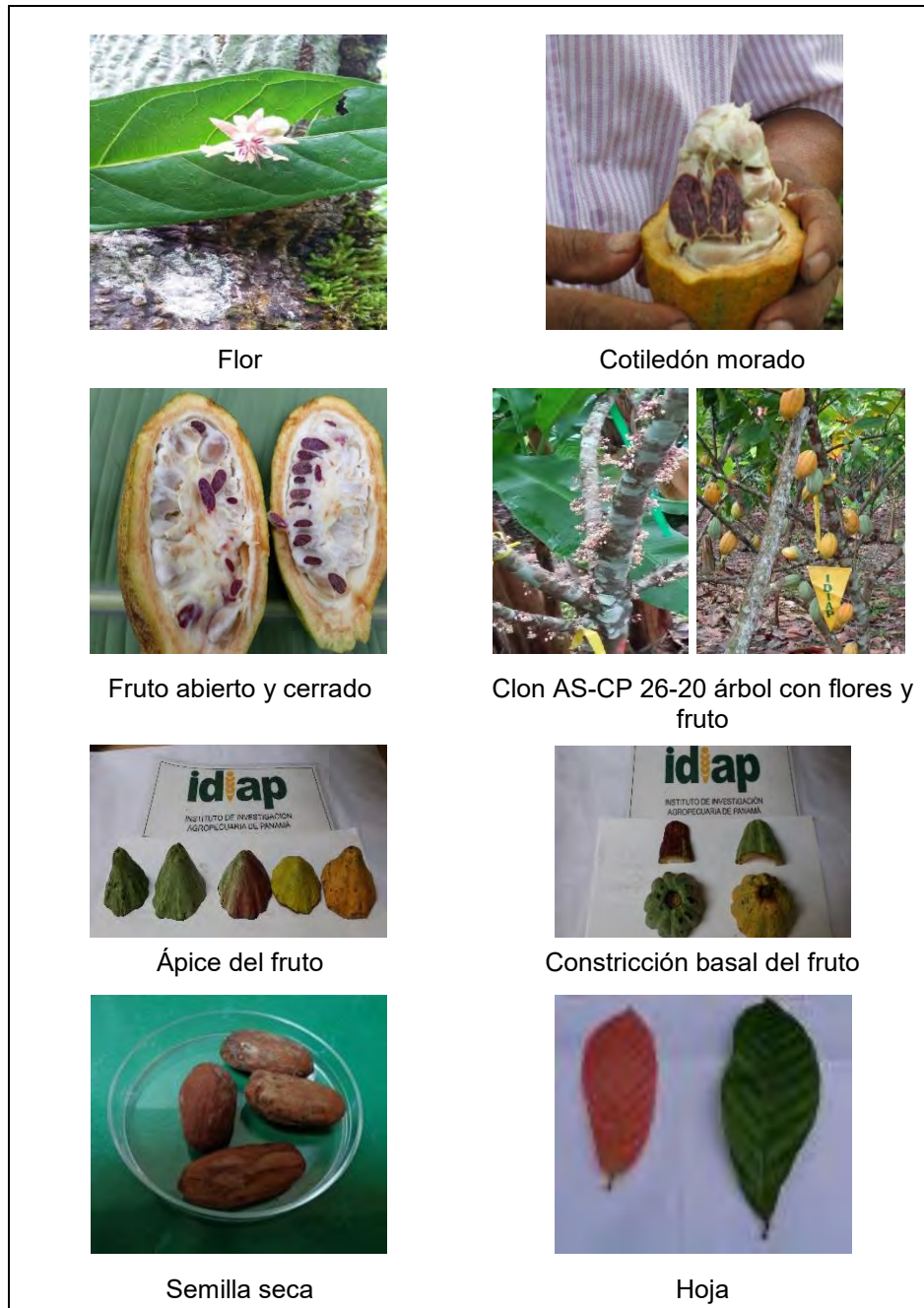


Figura 2. Características morfológicas del cacao criollo morado, Clon AS-CP 26-60.



Cuadro 3. Descripción de la planta del Clon AS-CP 26-60.

| Planta | Flor | Semilla | Hoja | Fruto |
|---|--|--|---|--|
| Altura – 2,5 m | Largo de la flor cerrada – 2 cm a 2,5 cm | Color de la semilla fresca húmeda – púrpura oscura | Largo de hoja - 32,8 cm | Largo del fruto - 170 mm |
| Ancho – 6 m | Diámetro de la flor – 0,5 cm a 1 cm | Forma de la semilla - elíptica | Ancho de la hoja – 15,4cm | Diámetro del fruto - 80 mm |
| N.º de Ramas - 5 | Largo del pedicelo – 1 cm a 3 cm | Largo de la semilla - 26,64mm | Longitud de la base al punto más ancho de la hoja – 15,3 cm | Razón L/D – 2,1 |
| Disposición de las ramas - alternas | Forma de la flor - estrella | Ancho de la semilla - 13,3 mm | Longitud del peciolo - 2,1 cm | Grosor del exocarpio sobre el lomillo – 9 mm |
| Largo de Ramas - 2,5 m | No. de pétalos - 5 | Grosor de la semilla - 9,2 mm | Forma de la hoja - ovoide | Grosor del exocarpio en la canal - 1,3 mm |
| Color de Ramas - chocolate | Color de los pétalos - rosada | Color de la semilla seca - chocolate | Color de la hoja -Inmadura: Verde oscura presencia de antocianina | Peso total del fruto (mazorca)- 510g |
| No. Frutos por ramas basales - 13 | Largo de los pétalos – 6 cm | Peso de las semillas - 1,2 g | | Peso de la semilla c/pulpa – 139 g |
| No. de frutos por ramas superiores - 15 | Forma de los sépalos - cóncavos No. de sépalos - 5 Color de los sépalos - púrpura Largo de los sépalos - 8,5 mm | | | Peso del exocarpio - 356 g Semillas por fruto - 44 Contrición basal del fruto - leve Forma del ápice del fruto - redondo Superficie del fruto - lisa Lomillos (Surcos) - superficial Color del fruto en madurez - amarillo Color del fruto >3 meses - verde Tipo de fruto con base a su forma - angoleta Color de la semilla seca - chocolate Peso de la semilla - 1,2 g |



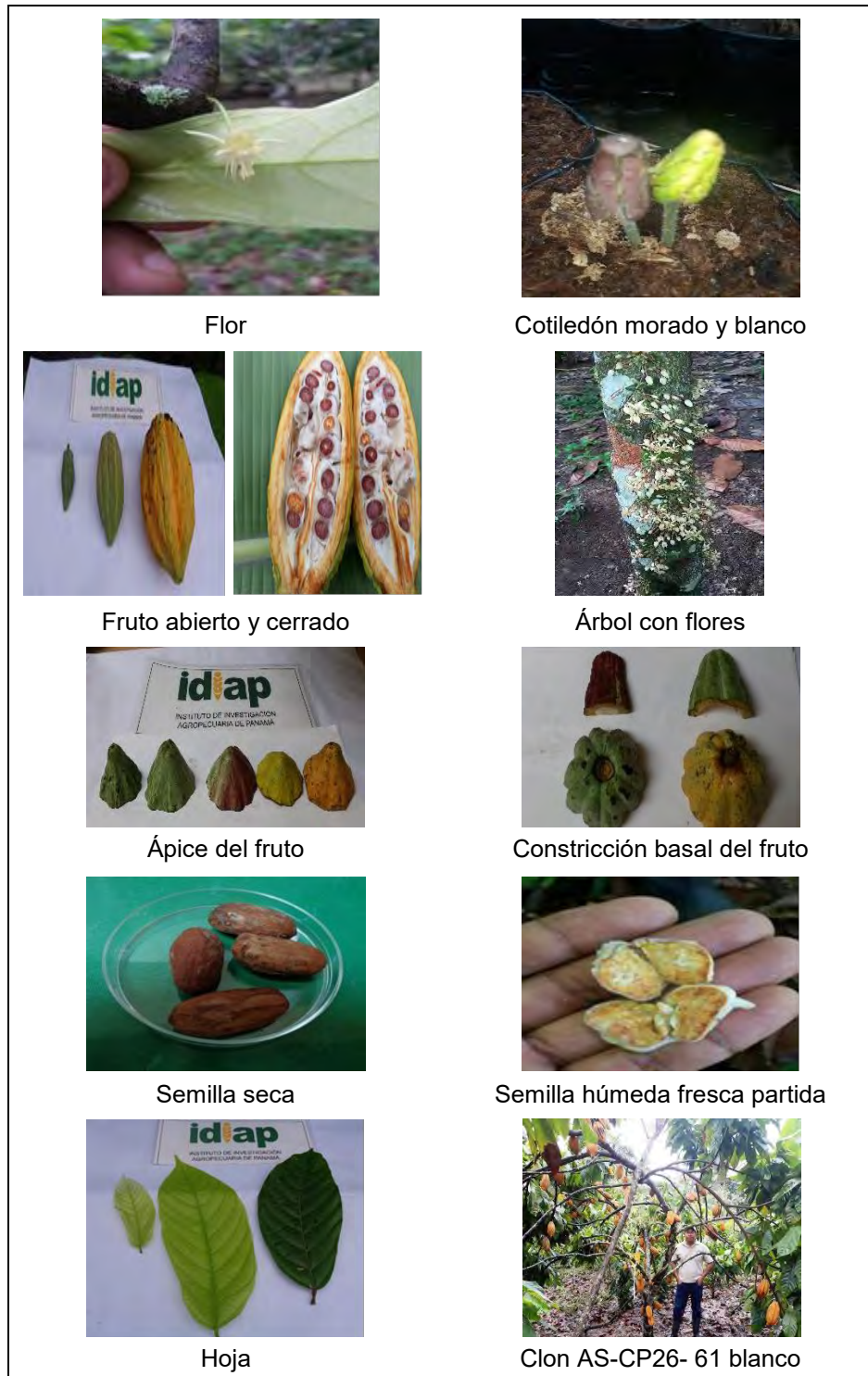


Figura 3. Características morfológicas del cacao criollo blanco e morado, Clon AS-CP 26-61.



Cuadro 4. Descripción de la planta del Clon AS-CP 26-61.

| Planta | Flor | Semilla | Hoja | Fruto |
|--|---|--|---|---|
| Altura – 2,5 m | Largo de la flor cerrada – 2 cm a 2,5 cm | Color de la semilla fresca húmeda - blanco | Largo de hoja - 34,5 cm | Largo del fruto - 120 mm |
| Ancho – 6 m | Diámetro de la flor – 0,5 cm a 1 cm | Forma de la semilla - elíptica | Ancho de la hoja – 10,7cm | Diámetro del fruto - 90 mm |
| N.º de Ramas - 4 | Largo del pedicelo – 1 cm a 3 cm | Largo de la semilla - 23,38 mm | Longitud de la base al punto más ancho de la hoja – 16,8 cm | Razón L/D – 2,33 |
| Disposición de las ramas - alternas | Forma de la flor - estrella | Ancho de la semilla - 12,44 mm | Longitud del peciolo - 2,7 cm | Grosor del exocarpio sobre el lomillo – 10 mm |
| Largo de Ramas - 2,6 m | No. de pétalos - 5 | Grosor de la semilla - 8,18 mm | Forma de la hoja - elíptica | Grosor del exocarpio en la canal - 1,5 mm |
| Color de Ramas - chocolate | Color de los pétalos - blanco | Color de la semilla seca - chocolate | Color de la hoja - Inmadura: Verde claro. Madura: Verde oscura. Ausencia de antocianina | Peso total del fruto (mazorca) - 627 g |
| No. Frutos por ramas basales - 10 | Largo de los pétalos – 6 cm | Peso de las semillas - 1,2 g | | Peso de la semilla c/pulpa - 115 g |
| No. de frutos por ramas superiores - 8 | Forma de los sépalos - cóncavos No. de sépalos - 5 Color de los sépalos - blanco Largo de los sépalos - 8,5 mm | | | Peso del exocarpio - 512 g Semillas por fruto - 33 Contrición basal del fruto - leve Forma del ápice del fruto - agudo Superficie del fruto - rugosa Lomillos (Surcos) - profundo Color del fruto en madurez - amarillo Color del fruto >3 meses - verde Tipo de fruto con base a su forma - angoleta Color de la semilla seca - chocolate Peso de la semilla - 1,3 g |



CONCLUSIONES

- La caracterización morfológica de los árboles élitos de cacao permitió diferenciar los tres clones evaluados con caracteres muy puntuales como la coloración verde de la hoja por ausencia de antocianina, coloración blanca del cotiledón y la flor, que se constituyeron en las características morfológica más dominantes en este grupo genético.
- Se cuenta con tres clones criollos de Bocas del Toro denominados AS-CP 26-59 (Blanco), AS-CP 26-60 (Morado) y AS-CP 26-61 Mulato (morado y blanco).

RECOMENDACIÓN

Registrar oficialmente los tres clones caracterizados en este estudio ante el comité Nacional de Semilla para que inicie la producción comercial de los mismos en Bocas del Toro.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguello, O., L. Mejía, y C. Palencia. 2000. Origen y descripción botánica. In Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao, Corpoica, Bucaramanga, Colombia. p.10 – 12.
- Bartley, B.G.D. 1994. A review of Cacao improvement: fundamentals, methods and results. In: International Workshop on Cocoa Breeding Strategies, 18-19 october, Kuala Lumpur, Malaysia. Proceedings: 3 – 17.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2008. Guía para promotores y familias: selección de árboles superiores de cacao en las fincas de familias cacaoteras. Turrialba, Costa Rica, CATIE-PCC. https://www.researchgate.net/publication/280240003_Arboles_superiores_de_cacao_en_fincas_de_Waslala-2013 (consultado 8 ago. 2019).
- COCABO (Cooperativa de Cacao Bocatorense). 2004. Información escrita obtenida de la gerencia.



- Enríquez, G.A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie materiales de enseñanza No. 22. 240p. <https://es.scribd.com/doc/293927896/Curso-Sobre-El-Cultivo-de-Cacao-CATIE> (consultado 8 ago. 2019).
- Engels, J., B. Bartley, and G.A. Enríquez, 1980. Cocoa descriptors, their states and modus operandi. Turrialba 30(2):209–218. <file:///F:/CARATERIZACION%20DE%20CAACO%20ESCRIPTORES/discritores%20cacao.pdf> (consultado 8 ago. 2019).
- González-Jiménez, E. (2006) Normas de calidad, comercialización y exportación para el Cacao Criollo aromático. Trabajo presentado en III Jornadas Técnicas de Cacao. Junio 2006. Univ. Nac. Experimental del Táchira. Venezuela.
- ICCO (International Cacao Organization). 2016. Decreto ICC/71/7 Características del cacao fino y de aroma. <https://www.icco.org/about-cocoa/fine-or-flavour-cocoa.html> (consultado 8 ago. 2019).
- Lachenaud, P., F. Bonnot, and G. Oliver. 1997. Use of floral descriptors to study variability in wild cacao trees (*Theobroma cacao* L) in French Guiana. Genet Resour. Crop. Evol. 46, 491-500. https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgpa/documentos/estudio_cacao/2_1la_especie_cacao.pdf (consultado 8 ago. 2019).
- IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 2000. Working procedures for cocoa germoplasm evaluation and selection. Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI project Worksop 1998 Montpellier, FR. Ed. Eskes, AB; Engels, JMM; Lass, RA .176 www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100007 (consultado 8 ago. 2019).
- León, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. IICA, San José Costa Rica. pp: 337-340. https://www.espacioimasd.unach.mx/libro/num7/Manejo_agroecologico_de_la_nutricion_en_el_cultivo_del_cacao.pdf (consultado 8 ago. 2019).



Miranda, J. 1992. Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Turrialba, Cartago, CR. 87 p.

Orellana R. 1956. La moniliasis y otras enfermedades del Cacao en el este de Panamá. Boletín Fitosanitario.

Phillips-Mora, W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the Cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Tesis Ph.D. Londres, Inglaterra. Universidad de Reading. p.349. [https://www.researchgate.net/publication/227700655 Biodiversity and biogeography of the cacao Theobroma cacao pathogen Moniliophthora roreri in tropical America](https://www.researchgate.net/publication/227700655_Biodiversity_and_biogeography_of_the_cacao_Theobroma_cacao_pathogen_Moniliophthora_roreri_in_tropical_America). (consultado 8 ago. 2019).

Pineda, M. 2007. Caracterización de la Cadena Productiva de Cacao y Diagnóstico de la Cooperación entre Actores. 51 p. <https://docplayer.es/3052605-Centro-agronomico-tropical-de-investigacion-y-ensenanza.html> (consultado 8 ago. 2019).

Sánchez P., C. Solórzano y J. Tortolero. 1991. Informe Técnico: Situación actual de la Cacaocultura de Chuao, Edo. Aragua. Publicación del FONAIOP. Estación Experimental INIA Miranda. <https://studylib.es/doc/912325/titulo-del-proyecto-selección-participativa-para-el> (consultado 8 ago. 2019).



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/index.php/revista>) 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 disponible 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 ASA (American Society of Agronomy) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas.

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 se mencionan 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:

(Murphy, 2001; Murphy y Smith, 2001; Murphy et al., 2001)

(Murphy, 2001; Murphy y Wong, 2001a, 2001b; Murphy et al., 2001)

(Murphy, 2001; Murphy et al., 2001, 2002; Murphy y Davis, 2002)

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.

La literatura debe estar organizada en orden alfabético de acuerdo con el apellido y las iniciales del nombre del primer autor. Cuando hay varias citas de un único autor se ordenan cronológicamente por año de publicación. Si las citas tienen el mismo año se ordenan alfabéticamente agregando las letras a, b, c, ... después del año de publicación. Si se trata de más de una cita donde el primer autor es el mismo las prioridades al ordenar las referencias es el siguiente:

- Apellido e iniciales del nombre del segundo autor.
- Si los dos primeros autores se repiten en varias citas se utiliza el apellido y las iniciales del nombre del tercer autor, así sucesivamente.

Ejemplo:

Barreto, H., y W.R. Raun. 1990.

Barreto, H. 1991.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1995.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1993a.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1997.

Barreto, H., W.R. Raun., C.W. Hesseltine, and M.L. Goulden, 1993b.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1995.

Barreto, H., y C.W. Hesseltine. 1994a.

Barreto, H., y C.W. Hesseltine. 1994b.

En el caso de una cita textual de un libro o un capítulo muy largo se requiere el número de páginas en la cita del texto, para ahorrarle al lector una búsqueda tediosa de la redacción original. Si es posible, se prefiere el número exacto de página.

Ejemplo:

Harper (1977, p.372), who called for a Koch's postulates type of approach..., remained skeptical about the feasibility of designing "an experiment that conclusively test the toxin hypothesis of plant interction."

Cuando se trata de comunicaciones personales estas se incluyen únicamente en el texto entre paréntesis.

Ejemplo:

Los daños por insectos plagas, son reportados por los productores como uno de los principales problemas que afectan la producción de hortalizas en las tierras altas de la región occidental del país (Santamaría-Guerra, comunicación personal, 2017).

Todos los autores institucionales deben citarse en texto con su respectivo acrónimo o abreviatura; mientras que en la lista de referencias las siglas van seguidas del nombre completo del autor corporativo, entre paréntesis, excepto las siglas utilizadas para los centros del del Grupo Consultivo en Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) (www.cgiar.org). CIAT, CIFOR, CIMMYT, CIP, ICARDA, ICLARM, ICRAI, ICRISAT, IFPRI, IITA, IIRI, ILRI, IPGRI, ISNAR, IWMI, WARDA, IBPGR.

Cuando se mencionan imprentas o casas editoriales de Estados Unidos, se incluye únicamente el nombre de la ciudad y la abreviatura del Estado donde se encuentra dicha editorial.

Ejemplo:

Bramley, A. 1992. Milking hygiene and mastitis control. p. 457-463. In: H. Van Horn, and C. Wilcox, editors. Large dairy herd management. Management Services. American Science Association, Champaign, IL.

Los nombres de revistas se abrevian de acuerdo a la norma internacional que se encuentra disponible en <https://www.agrnomy.org/files/publications/style/appendix-a.pdf>

Cada trabajo mencionado en la literatura consultada, debe incluir el apellido del primer autor, seguido de las iniciales del nombre, separadas por punto (Smith, J.R.). Para obras de más de un autor, sólo el apellido del primer autor se escribe antes de las iniciales del nombre (Smith, J.R., M. Jones, y C. Rosen). Los autores se separan por una coma y se debe utilizar la letra “y” antes de citar el último autor.

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.

- a. **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.
- b. **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 y coautores. 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.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. 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.
- d. **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.
- e. **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.
- f. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología aplicada. 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.

- g. 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.
- h. Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente ordenadas. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
- i. Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomando en cuenta la normativa implementada por la ASA (American Society of Agronomy) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas y se acepta con un mínimo de 10 citas.
- k. 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

- a. 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.
- b. 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, bibliografía, 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 tres.

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 Investigación 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 Investigación 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 Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica
Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522
e-mail: cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa
Web: idiap.gob.pa
Clayton – Ciudad del Saber
IDIAP. 2020. Derechos Reservados

ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET

Texto completo

<http://www.idiap.gob.pa>

<http://www.abcpanama.org.pa/recursos-nacionales/>

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa>