



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 27

PANAMÁ-2017



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
no. 27 (2017). Panamá, PA. Semestral
122 p.
ISSN: 0258-6452
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 27

PANAMÁ-2017

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) – 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
-----------------------------	--

José A. Yau, Ph.D.	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – 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) – Panamá
-------------------------------	---

Juan C. Martínez González, Ph.D.	Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) – México.
----------------------------------	--

Pedro Guerra Martínez, M.Sc.	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá
------------------------------	--

Bruno Zachrisson, Ph.D.	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá
-------------------------	---

Diseño y Diagramación

Gregoria del C. Hurtado Ch.	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá
-----------------------------	--

Revisión y Traducción de resúmenes

Jaime Espinosa Tasón, M.Sc.	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá
-----------------------------	--

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|-------|---|
| 1-13 | GENERACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO DE COLOR ROSADO PARA EL MERCADO PANAMEÑO
<i>Emigdio Rodríguez-Quiel; Román Gordón-Mendoza; Francisco Gonzáles-Guevara</i> |
| 14-27 | FIJACIÓN DE CARBONO EN CERCAS VIVAS DE FINCAS GANADERAS DE LA CUENCA DEL RÍO LA VILLA
<i>Jéssica Hassán; Jaime Espinosa-Tasón; Leonel Ríos</i> |
| 28-39 | RECUPERACIÓN Y SELECCIÓN PARTICIPATIVA DE CULTIVARES DE ARROZ DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ
<i>Luis Torres-Vargas; Julio Santamaría-Guerra; Francisco Salmerón; Ilza Mariano; Aparicio Acosta; José Alexis Quintero</i> |
| 40-53 | INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS TRES ESPECIES DE BEGOMOVIRUS QUE INFECTAN TOMATE EN PANAMÁ
<i>José Ángel Herrera-Vásquez; José Natividad Jaén-Sanjur; Salvatore Davino; Stefano Panno; Mario Davino</i> |
| 54-67 | ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS DEL CRUZAMIENTO DIALÉLICO CON TRES RAZAS USANDO UN PROGRAMA ESTADÍSTICO COMPUTARIZADO
<i>Pedro Guerra-Martínez</i> |
-

NOTAS TÉCNICAS

68-86 **EVALUACIONES GENÉTICAS: CASO RAZAS CEBUINAS**
*Juan Carlos Martínez-González; Sonia Patricia Castillo-Rodríguez;
Axel Villalobos-Cortés; Froylán Andrés Lucero-Magaña;
Gaspar Manuel Parra-Bracamonte*

87-97 **DESARROLLO DE TERNEROS F₁ Y 3R EN UN SISTEMA
LECHERO INTENSIVO DEL TRÓPICO HÚMEDO,
GUALACA-PANAMÁ**
*Alexis Iglesias; Pedro Guerra-Martínez;
Ricaurte Alcides Quiel-Batista; Raúl Herminio De León-García;
Olegario Ibarra-Guerra*

98-109 **BIOINDICADORES DULCEACUICOLAS EN FUENTES DE AGUA
CON VEGETACIÓN RIPARIA AL RÍO LA VILLA, 2015**
*Sugey Y. Bustamante R; David Urriola; Luis C. Díaz;
Gladys Pimentel*

COMUNICACIÓN CORTA

110-117 **SEMEN OVINO CONSERVADO FRESCO
EN DILUYENTE CON SUERO DE ALBÚMINA BOVINA**
*Raúl H. De León-García; Henry Ortega; Itzel Saldaña;
Kristel Flores*

118-122 **NORMAS PARA AUTORES**

GENERACIÓN DE LÍNEAS DE FRIJOL POROTO DE GRANO DE COLOR ROSADO PARA EL MERCADO PANAMEÑO¹

Emigdio Rodríguez-Quiel²; Román Gordón-Mendoza³; Francisco Gonzáles-Guevara⁴

RESUMEN

En la Estación Experimental de Río Sereno se recibieron 30 poblaciones F_4 de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de cruas entre las variedades criollas con nuevas fuentes de alto contenido de hierro. Estas poblaciones fueron avanzadas por selección masal hasta la F_{5-6} y se generaron 312 líneas de frijol de grano de color rosado. El objetivo de la evaluación fue generar líneas y/o variedades de frijol poroto con grano de color rosado, mejor tolerancia a la mustia hilachosa (*T. cucumeris*) y una precocidad similar a la variedad criolla. Se utilizó un diseño de campo Alfa Látxice para su establecimiento y su posterior análisis. En el primer año, se evaluaron 312 líneas de las cuales resultaron 62 líneas superiores por sus características agronómicas. Se desagregó la varianza en los diferentes componentes. En el segundo año, se seleccionaron las mejores 14 líneas que serán evaluadas en la prueba regional de frijol en diferentes ambientes del país. Se encontraron 11 poblaciones superiores donde los mayores rendimientos los aportaron las líneas que tenían NUA 428 como progenitor masculino. De estas líneas se encontraron cinco líneas con contenido de Fe superiores a las 80 ppm del elemento y sobresale una línea (P-CS-4-10) que contiene 90,3 ppm de este elemento, este corresponde al cruzamiento de PVA 1111 X NUA 430.

PALABRAS CLAVES: Repetitividad, cruas, biofortificación, hierro, selección masal.

¹Recepción:11 de febrero de 2017. Aceptación:13 de noviembre de 2017. Trabajo desarrollado por el proyecto de Mejoramiento Genético del frijol Poroto en Panamá.

²M.Sc. en Mejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOC).
e-mail: emigdirodriguezq@gmail.com

³M.Sc. en Protección de Cultivos. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA).
e-mail: gordon.roman@gmail.com

⁴Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: pancho125710@yahoo.com

GENERATION OF BEAN LINES WITH GRAIN OF PINK COLOR FOR THE PANAMANIAN MARKET

ABSTRACT

At the Experimental Station of Río Sereno, 30 F_4 populations of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) were received from crosses between varieties with new sources of high iron content. These populations were advanced by mass selection until F_{5-6} and 312 lines of pink bean grain were generated. The objective of the evaluation was to generate lines and varieties of beans with grain of pink color, better tolerance to the web blight (*T. cucumeris*) and a precocity similar to the Creole variety. An Alpha Lattices design was used for its establishment and subsequent analysis. In the first year, 312 lines were evaluated, of which 62 superior lines were obtained due to their agronomic characteristics. The variance in the different components was disaggregated. In the second year, the best 14 lines that will be evaluated in the regional bean test in different environments of the country were selected. We found 11 superior populations where the highest yields were provided by the lines that had NUA 428 as male progenitor. From these lines five lines with Fe content greater than 80 ppm of the element were found and a line (P-CS-4-10) that contains 90,3 ppm of this element stands out, this corresponds to the crossing of PVA 1111 X NUA 430.

KEY WORDS: Repeatability, crosses, biofortification, iron, mass selection.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ante los problemas estructurales que presentan las economías de la mayoría de los países latinoamericanos, especialmente lo relacionado con la pérdida del ingreso y el desempleo de amplias capas de la población urbana y rural, se viene presentando un incremento de las cifras de desnutrición, especialmente en los sectores de menores ingresos, los cuales no pueden acceder a una dieta balanceada que les permita satisfacer sus

requerimientos de proteína, vitaminas y minerales (Kelly 1992).

Existen varias iniciativas en el ámbito mundial para identificar germoplasma de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris*) con altos contenidos de hierro y zinc, a fin de solventar la carencia de estos nutrientes en más de 300 millones de personas cuya ingesta proteica depende principalmente de esta leguminosa (HarvestPlus 2003). Estas caraoatas o frijoles porotos biofortificadas, (Pérez et

al. 2005), contienen entre 50 y 100 mg de hierro/kg, lo cual representa hasta 70% más que el contenido promedio de este importante mineral en los cultivares tradicionales.

La biofortificación es el desarrollo de características deseables e incremento en la densidad de micronutrientes en cultivos a través de prácticas agronómicas, fitomejoramiento convencional o la biotecnología moderna (Nestel *et al.* 2006, García *et al.* 2016). El camote, trigo, arroz, yuca, maíz y el frijol son candidatos prioritarios a la biofortificación con vitamina A, hierro y zinc (Pachón 2009).

La deficiencia de hierro es la principal causa de anemia a nivel mundial (Wiedman *et al.* 2009). El estimado de anemia en Latinoamérica es de 20% a 26%. Las mujeres y los niños en edad preescolar son particularmente propensos a la deficiencia de hierro (CIAT 2003).

Los cultivos biofortificados se pueden desarrollar a través de métodos de fitomejoramiento convencional y/o de la biotecnología moderna (Nestel *et al.* 2006). La biofortificación por fitomejoramiento convencional mejora una característica nutricional y agronómica deseable, ya existente en el cultivo convencional. Para ello, se hacen cruces entre variedades con cualidades de

interés que permiten obtener variedades con mayor cantidad de micronutrientes y las características agronómicas deseadas por los fitomejoradores (Pachón 2009).

También, tienen varias ventajas y se convierten en una estrategia para abordar la inseguridad alimentaria y nutricional, lo que mejora simultáneamente ambas. Este mejoramiento se provee a través del consumo de cultivos básicos que forman parte integral de la dieta regional (como maíz, arroz, frijol); ya que forman parte del hábito alimenticio. Cuanto más cultivos biofortificados se integren a la dieta, mayores serán los nutrientes que se ingieren (Pachón 2009).

Aproximadamente, más de un tercio de la población del mundo está en riesgo de tener una o más deficiencia de micronutrientes. La deficiencia de hierro es la más común en el mundo. En Centroamérica, las deficiencias de micronutrientes más importantes son las relacionadas al yodo, la vitamina A y el hierro. En Panamá, el mayor problema de salud pública es la anemia, y quienes más la padecen son los niños menores de cinco años (MINSA-SENAPAN 2008).

En Panamá, un millón noventa mil personas se hallan en situación de pobreza, de las que 481 mil están en pobreza extrema, lo que equivale a

32,7% y 14,4% de la población total, respectivamente. La pobreza en el país es diferencial por área: mientras que en el área urbana la incidencia de pobreza es 17,7%, en el área rural es 50,7% y en las áreas indígenas 96,3%. Las provincias con mayor nivel de pobreza son Bocas del Toro (53%), Darién (52,7%), Veraguas (52%), Coclé (51,6%) y las áreas indígenas (96%) que comprenden las comarcas y comunidades indígenas aledañas. En la comarca Ngäbe Buglé esta cifra alcanza un 96,7% (MEF-INEC-BM 2008).

En el país la preferencia de los agricultores son los granos de color rosado, por ser lo más exigido por el mercado nacional. En eventos realizados con la cadena agroalimentaria de este cultivo una de las demandas tecnológicas que han presentado los agricultores es la generación de variedades de grano de color rosado pero que tengan buen rendimiento, buen color y tamaño del grano, buena arquitectura de planta y mayor contenido nutricional.

El objetivo de este trabajo fue generar líneas de grano de color rosado provenientes de cruza entre progenitores de alto contenido de nutrientes y las variedades nacionales; así como el evaluar y seleccionar por sus características agronómicas las líneas de frijol sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Estación Experimental de Río Sereno se recibieron 30 poblaciones de frijol F_4 entre progenitores criollos y mejorados de Panamá, con líneas de alto rendimiento y mayor contenido de hierro (Cuadro 1). La siembra se realizó a campo abierto, se cosechó una vaina por planta generando poblaciones F_5 de más de 2000 individuos por población, estas poblaciones se volvieron a sembrar y se realizó una selección individual en cada población para su posterior evaluación, en total se generaron 305 líneas F_6 . En esta generación filial deben tener fijado el gen que confiere mayor contenido de hierro (Fe). Se utilizó para su establecimiento un diseño experimental Alfa Látice 12x26, con dos repeticiones y una parcela útil de 1,5 m². En la siguiente generación (F_7), se utilizó un diseño experimental Alfa Látice 8x8, con tres repeticiones y una parcela útil de 4 m². Se caracterizaron las líneas por su contenido de Fe. Para el cálculo de las varianzas se realizó el análisis REML propuesto por Vargas *et al.* 2013.

$$X_{ij} = \mu + rep_i + Block_j(rep_i) + T_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = Promedio general

rep_{ij} = Efecto de la i th Repetición

$Block_j(rep_i)$ = Efecto de los j th bloques dentro de la i th repetición

T_k = Efecto del k th Tratamiento

ϵ_{ijk} = Error experimental

Se calculó la repetitividad y el coeficiente de variación para cada variable analizada. Las medias de los genotipos fueron separadas utilizando la diferencia mínima significativa DMS. Se transformaron los datos no paramétricos utilizando la $\sqrt{x-0,5}$.

La preparación de suelos se realizó utilizando la mínima labranza, la cual 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 realizaron surcos en el suelo con una azada. La siembra se realizó a una distancia de 0,50 m entre surcos y 0,10 m entre plantas, obteniendo 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, aplicado entre 25 y 30 días después de la siembra. 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 hoja angosta

(Rodríguez *et al.* 2017). El cultivo se mantuvo sin aplicaciones de fungicidas hasta los 45 días de la siembra para poder evaluar la mustia hilachosa en las plantas de frijol, lo que se realizó de acuerdo a la escala internacional del CIAT (López *et al.* 1986) (Cuadro 2), luego de completar esta etapa de la investigación se realizó una aplicación de azoxystrobin en dosis de 10 g i.a./ha (Rodríguez *et al.* 2017). El contenido de hierro de un grupo de líneas fue analizado por el laboratorio del CIAT en Colombia a través del método de Rayos X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Líneas F₆ en el ciclo 2014-15

Mientras que la repetitividad se refiere a la precisión experimental, la heredabilidad tiene una connotación genética utilizada para estimar progreso genético en programas de mejoramiento. De acuerdo a los resultados del análisis estadístico, la ganancia genética para el rendimiento fue baja (9%) en cambio para las transformaciones del valor obtenido de la mustia hilachosa (TMUS), para la transformación de los valores con respecto al testigo tolerante, y la relación con el testigo tolerante 21%, 20%, 20% y 18%, respectivamente; valores considerados como aceptables para el estudio (Rodríguez *et al.* 2017) (Cuadro 3).

CUADRO 1. CRUZAMIENTOS Y GENEALOGÍA UTILIZADOS PARA LA IDENTIFICACIÓN EN CAMPO.

CRUZAMIENTO	GENEALOGÍA	CRUZAMIENTO	GENEALOGÍA
PVA 1076 X G23823E	NA 24442_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z	ROSADO X G23823E	NA 24454_(M)W F2-3Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1076 X G23823E	NA 24442_(M)W F2-17Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-4Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-12Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-29Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-13Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-30Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24455_(M)W F2-17Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 430	NA 24442_(M)W F2-31Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 428	NA 24456_(M)W F2-22Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X G23823E	NA 24447_(M)W F2-1Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-4Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X G23832E	NA 24447_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-5Z-(CM)Z-(CM)Z
PVA 1111 X NUA 35	NA 24448_(M)W F2-3Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-7Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 45(I)	NA 25450_(M)W F2-1Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-9Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 35	NA 25451_(M)W F2-3Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-12Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 428	NA 24452_(M)W F2-22Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-15Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 428	NA 24452_(M)W F2-23Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-18Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 428	NA 24452_(M)W F2-26Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 430	NA 24456_(M)W F2-23Z-(CM)Z-(CM)Z
ROSADO X NUA 430	NA 24452_(M)W F2-2Z-(CM)Z-(CM)Z	VELAZCO LARGO X NUA 45	NA 24460_(M)W F2-5Z-(CM)Z-(CM)Z

CUADRO 2. ESCALA DE EVALUACIÓN DE LA MUSTIA HILACHOSA.

Grado de afectación	Severidad (%)	Tipo de reacción
1	0	Resistencia
2	1 a 5	Resistencia
3	6 a 10	Resistencia
4	11 a 20	Resistencia intermedia
5	21 a 30	Resistencia intermedia
6	31 a 40	Resistencia intermedia
7	41 a 60	Susceptible
8	61 a 80	Susceptible
9	81 a 100	Susceptible

Fuente: López *et al.* 1986

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS LÍNEAS BIOFORTIFICADAS PARA PANAMÁ.

FV	gl	RENDIMIENTO	TMUS	TRTT	TRTS	MUS	RTT	RTS
σ^2 repeticiones	1	0,001	0,049	0,071	0,052	5,365	0,610	0,294
σ^2 repxblk	25	0,059	0,157	0,014	0,009	16,080	0,138	0,059
σ^2 tratamientos	311	0,020	0,054	0,004	0,001	5,254	0,036	0,001
σ^2 del error	286	0,402	0,409	0,035	0,025	42,993	0,334	0,149
h^2		0,09	0,21	0,20	0,01	0,20	0,18	0,01
CV		4,3	2,9	1,6	1,5	13,3	4,0	3,3
DMS/Rango		0,33	0,37	0,35	0,34	0,38	0,35	0,33

gl=Grados de Libertad; TMUST=Transformación de los valores porcentuales de la mustia hilachosa; TRTT=Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo tolerante; TRTS=Transformación de los valores de la relación de las líneas con el testigo susceptible. MUS=Valores porcentuales de mustia hilachosa. RTT=Relación con el testigo tolerante; RTS=Relación con el testigo susceptible.

Se destacan tres líneas con un rendimiento superior a 4 t, esto se debió a que el ataque de la mustia hilachosa tuvo un promedio de 24,3% (Cuadro 4). La mustia hilachosa se analizó transformando la variable a raíz cuadrada más 0,5 y su promedio fue de 4,87, considerándose como comportamiento bajo para la incidencia de la enfermedad en Panamá. Existen líneas con rendimiento superior de acuerdo al DMS encontrado 1,25 t.ha⁻¹. Es importante resaltar que existen líneas con igual cantidad de días a floración y días a madurez fisiológica al rosado criollo pero con rendimientos superiores al mismo, lo que las convierte en líneas potenciales para ser liberadas como variedades precoces e iguales al rosado criollo para satisfacer las demandas de los consumidores.

En el primer año de evaluación tomando en consideración el rendimiento expresado por las líneas, los días a floración, días a madurez de cosecha, tolerancia a la mustia hilachosa, color y tamaño del grano, se obtuvieron 62 líneas sobresalientes, las que fueron sometidas a una nueva estimación que nos permite seleccionar las mejores líneas en la prueba regional de frijol, a colocarse en diversos sitios del país.

Líneas F₇ en el ciclo 2015-16

Para el segundo año de evaluación se analizaron los datos y se desagregó la varianza y permitió calcular la repetitividad para cada variable estudiada en el experimento (Cuadro 5). Siendo mayor este valor para los días a madurez de cosecha, rendimiento, mustia hilachosa

y la relación con el testigo tolerante y susceptible con valores de 0,80; 0,43; 0,40; 0,21 y 0,21, respectivamente. Estos valores encontrados indican la mayor ganancia genética y uniformidad de los datos (Rodríguez *et al.* 2017).

En relación a la precisión del experimento se observa que el Coeficiente

DMS/Rango fue de 0,29 para la variable rendimiento de grano, lo que indica buena precisión según Gordón y Camargo 2015 y Camargo y Gordón 2017. Para las otras variables este coeficiente fue menor de 0,35, lo que significa que se puede seleccionar un grupo de líneas superiores entre este grupo de variedades (Cuadro 5).

CUADRO 4. LÍNEAS SOBRESALIENTES POR SU RENDIMIENTO.

Líneas	Floración (días)	Madurez Fisiológica	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Mustia ($\sqrt{X} + 0.5$)	TRTT	TRTS	Mustia (%)
TR 67	30	84	4,75	4,12	1,17	0,99	16,7
TR 55	31	78	4,59	4,82	1,39	1,12	23,7
TR 143	30	78	4,35	4,38	1,26	1,10	19,4
TR 236	31	80	3,69	3,95	1,15	1,20	15,5
TR 134	30	80	3,57	4,69	1,35	1,11	22,3
TR 80	30	80	3,53	5,20	1,50	1,16	27,4
TR 262	31	80	3,26	4,21	1,19	0,95	17,0
TR 255	31	78	3,21	4,49	1,28	1,06	20,4
TR 283	29	78	3,20	5,09	1,46	1,10	26,2
TR 231	30	80	3,20	5,54	1,59	1,05	30,3
TR 249	30	80	3,20	3,91	1,09	0,90	14,4
TR 235	30	78	3,06	4,70	1,37	1,23	22,8
TR 208	29	78	3,05	4,61	1,31	1,04	21,4
TR 221	30	72	3,01	4,17	1,18	1,01	17,8
TR 172	30	80	3,00	4,18	1,20	1,08	17,2
TR 7	35	70	2,98	4,86	1,38	0,99	23,0
TR 42	30	78	2,98	4,62	1,34	1,21	22,2
TR 195	33	70	2,93	5,69	1,63	1,12	32,5
TR 271	29	76	2,92	5,23	1,51	1,18	27,8
TR 291	30	76	2,91	5,50	1,59	1,23	30,5
TR 273	31	76	2,89	4,36	1,26	1,16	18,5
TR 242	30	80	2,89	5,30	1,53	1,17	28,4
TR 62	29	80	2,87	4,75	1,36	1,09	23,1
TR 2	31	74	2,86	5,17	1,50	1,26	27,3
TR 22	31	74	2,85	4,95	1,42	1,13	24,5
TR 56	31	76	2,83	4,99	1,45	1,21	25,2
TR 180	31	82	2,81	4,27	1,22	1,08	18,1
TR 232	29	30	2,79	4,26	1,25	1,29	18,7
TR 217	30	76	2,76	4,99	1,44	1,20	25,3
TR 278	30	80	2,74	5,62	1,63	1,28	32,2
Rosado C.	31	74	2,17	5,54	1,61	1,28	31,3
Promedio	30,7	75,2	2,14	4,87	1,40	1,14	24,3
DMS 5%			1,25	1,26	0,37	0,35	12,9

CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ALFA LÁTICE DEL EXPERIMENTO.

FV	gl	Rendimiento	Mustia	Floración	Madurez	RTT	RTS
Fisiológica							
δ^2_{rep}	2	0,055	50,99	0,00	0,93	0,00	0,00
$\delta^2_{rep \times blk}$	24	0,061	161,03	1,12	1,03	0,43	0,15
δ^2_{ent}	63	0,037	22,01	0,01	1,18	0,04	0,02
δ^2_{res}	117	0,147	100,21	8,21	0,87	0,41	0,24
h^2		0,43	0,40	0,01	0,80	0,21	0,21
DMS/Rango		0,29	0,29	0,24	0,21	0,33	0,32
CV (%)		30,6	22,3	8,9	1,39	44,6	44,8

DF=Días a floración; DM=Días a madurez; RTT=Relación con el testigo tolerante; RTS=Relación con el testigo susceptible.

Los materiales con rendimiento por arriba de 2 t provienen de las cruza Rosado x NUA 428 y de Velazco largo x NUA 428, es decir, el rendimiento lo está aportando el progenitor NUA 428 proveniente del programa de mejoramiento genético de frijol del CIAT.

De las 30 poblaciones evaluadas 14 de ellas fueron superiores para el rendimiento, sobresaliendo cuatro de ellas (P-CS-14-10, P-CS-21-10, P-CS-21-17 y P-CS-26-4) con rendimiento superior a 1,800 t.ha⁻¹. A este primer grupo le siguieron 16 líneas con rendimientos superiores a las 1,396 t.ha⁻¹, estas líneas no difirieron estadísticamente entre sí al 5% de probabilidad y un DMS de 0,488 t.ha⁻¹ (Cuadro 6). Todas las líneas son iguales o muy parecidas al rosado criollo, en cuanto a los días a floración y días a cosecha, las que pueden ser consideradas como una excelente característica; son superiores por su Relación con el testigo tolerante (RTT) y Relación con el testigo

susceptible (RTS) cuando se compararon al rosado criollo, quedando 11 líneas que serán evaluadas en la prueba regional de frijol.

De acuerdo al contenido de hierro de un grupo de líneas se encontraron cinco líneas con un contenido mayor a las 80 ppm de hierro. Una de las líneas tiene 90 ppm de hierro, la cual corresponde al cruzamiento de Velazco Largo x NUA 428 (Cuadro 7). De este grupo de líneas sobresalió la P-CS 21-17 con un rendimiento de grano de 2,049 t.ha⁻¹ y un contenido de Fe de 72,2 ppm. También sobresale la línea P-CS-4-10 con el mayor contenido de Fe (90,3 ppm) y un rendimiento de 1,507 t.ha⁻¹, considerado en el segundo grupo de líneas más productivas. Otras líneas a considerar para su evaluación en posteriores ensayos son la P-CS-24-34, P-CS-2420 y P-CS-3-9 cuyo contenido de Fe fue de 84,3; 82,2 y 81,0 ppm y un rendimiento superior a los 1,390 t.ha⁻¹.

CUADRO 6. LÍNEAS DE FRIJOL SOBRESALIENTES POR SUS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.

Nombre	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Mustia (%)	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	RTT	RTT
P-CS-14-10	2,137	28,2	32	69	1,1	0,8
P-CS-21-10	2,081	45,8	32	70	1,5	1,2
P-CS-21-17	2,049	33,8	30	70	1,7	1,3
P-CS-26-4	1,821	40,4	33	67	1,1	0,9
P-CS-15-7	1,630	39,9	32	68	1,6	1,0
P-CS-12-6	1,560	45,3	32	67	1,1	0,8
P-CS-24-30	1,557	34,4	33	68	1,3	0,9
P-CS-4-10	1,507	52,9	34	71	1,6	1,3
P-CS-15-2	1,497	47,8	32	68	1,8	1,3
P-CS-24-11	1,492	34,9	32	67	0,9	0,7
P-CS-24-34	1,488	45,1	31	67	1,2	1,1
P-CS-2-10	1,463	34,2	32	66	1,1	0,7
P-CS-24-35	1,458	42,4	31	67	1,3	0,9
P-CS-24-27	1,439	45,9	30	67	0,9	0,8
P-CS-24-20	1,437	41,2	31	68	1,0	0,9
P-CS-1-6	1,408	39,4	30	68	1,5	1,3
P-CS-2-2	1,403	39,1	31	66	1,2	0,9
P-CS-24-2	1,403	44,0	33	68	1,0	0,6
P-CS-17-1	1,400	46,1	32	69	1,6	1,2
P-CS-3-9	1,396	47,3	32	67	1,1	0,9
P-CS-17-21	1,361	44,4	32	68	1,1	0,8
P-CS-2-27	1,359	43,3	32	66	1,4	0,9
P-CS-14-23	1,348	47,4	31	68	1,4	0,8
P-CS-10-6	1,339	38,9	31	66	1,7	1,3
P-CS-3-15	1,315	35,7	31	67	1,2	1,0
P-CS-3-7	1,307	32,2	31	66	1,4	1,1
P-CS-22-5	1,307	34,9	31	67	0,9	0,6
P-CS-21-9	1,307	41,5	32	69	1,8	1,2
P-CS-22-2	1,246	33,6	30	67	1,1	0,9
P-CS-2-26	1,240	51,4	33	66	2,3	1,5
ROSADO	0,934	64,2	31	66	2,3	1,8
Promedio	1,255	44,8	32	67	1,4	1,1
DMS (5%)	0,448	11,7	3	1	0,7	0,6

CUADRO 7. CONTENIDO DE HIERRO (ppm) DE UN GRUPO DE LÍNEAS SELECCIONADAS PARA SU ANÁLISIS.

Entrada	Línea	Promedio + IC 99%	Entrada	Línea	Promedio + IC 99%
49	P-CS-14-10	66,6 ± 35,0	20	P-CS-2-4	63,4 ± 22,3
46	P-CS-21-10	69,6 ± 03,2	41	P-CS-15-6	63,0 ± 09,5
28	P-CS-21-17	72,2 ± 50,9	6	P-CS-3-10	69,9 ± 15,9
25	P-CS-26-4	58,3 ± 22,3	54	P-CS-4-12	51,7 ± 03,2
60	P-CS-15-7	63,0 ± 66,8	61	P-CS-2-5	83,0 ± 28,6
43	P-CS-12-6	60,4 ± 03,2	33	P-CS-17-2	74,3 ± 47,7
40	P-CS-24-30	73,6 ± 70,0	9	P-CS-23-15	56,5 ± 12,7
7	P-CS-4-10	90,3 ± 19,1	52	P-CS-17-32	70,9 ± 38,2
21	P-CS-15-2	75,8 ± 06,4	8	P-CS-2-8	66,3 ± 19,1
22	P-CS-24-11	64,2 ± 3,2	29	P-CS-17-12	71,1 ± 19,1
3	P-CS-24-34	84,3 ± 22,3	16	P-CS-25-12	73,5 ± 79,6
51	P-CS-2-10	69,0 ± 22,3	11	P-CS-2-15	88,8 ± 31,8
38	P-CS-24-35	58,0 ± 09,5	37	P-CS-17-7	49,2 ± 15,9
14	P-CS-24-27	59,2 ± 35,0	50	P-CS-3-3	66,0 ± 54,1
26	P-CS-24-20	82,2 ± 50,9	19	P-CS-1-2	74,9 ± 31,8
32	P-CS-1-6	55,8 ± 06,4	56	P-CS-10-8	68,7 ± 60,5
48	P-CS-2-2	69,3 ± 06,4	42	P-CS-29-21	58,3 ± 35,0
4	P-CS-24-2	55,2 ± 15,9	15	P-CS-16-1	74,9 ± 03,2
44	P-CS-17-1	57,1 ± 66,8	10	P-CS-17-19	66,1 ± 57,3
59	P-CS-3-9	81,0 ± 09,5	27	P-CS-15-9	57,4 ± 95,5
35	P-CS-17-21	65,9 ± 12,7	58	P-CS-2-25	69,5 ± 41,4
34	P-CS-2-27	83,4 ± 50,9	1	P-CS-4-11	72,8 ± 28,6
13	P-CS-14-23	73,1 ± 25,5	18	P-CS-15-36	71,1 ± 12,7
55	P-CS-10-6	76,5 ± 12,7	17	P-CS-2-1	61,0 ± 15,9
64	P-CS-3-15	56,8 ± 50,9	5	P-CS-2-14	54,9 ± 25,5
63	P-CS-3-7	53,4 ± 38,2	31	P-CS-29-8	55,7 ± 44,6
36	P-CS-22-5	84,9 ± 00,0	12	P-CS-3-8	72,9 ± 06,4
30	P-CS-21-9	70,0 ± 19,1	24	P-CS-2-12	55,0 ± 06,4
45	P-CS-22-2	58,6 ± 38,2	53	P-CS-2-19	58,9 ± 25,5
47	P-CS-2-26	64,0 ± 09,5	57	P-CS-2-18	84,4 ± 44,6
2	P-CS-3-16	57,1 ± 09,5	39	P-CS-29-1	73,7 ± 57,3

CONCLUSIONES

- El contenido de Fe fue superior en la línea P-CS-4-10 con 90,3 ppm de este elemento.
- De las cruzas simples evaluadas existen líneas superiores en rendimiento al rosado criollo y corresponden a las líneas que provienen de la crusa de Velazco Largo x NUA 428.
- Los días a floración y a madurez de cosecha demuestran que las líneas seleccionadas son tan precoces como el rosado criollo y superiores en tolerancia a mustia hilachosa.
- Las líneas muestran superioridad en tolerancia, en cuanto a la mustia hilachosa encontrada por dos años consecutivos.

(QPM) y frijol común biofortificado con micronutrientes (en línea). Consultado 23 feb 2016. Disponible en http://www.fontagro.org/sites/default/files/prop_03_05.pdf

Gordón, R; Camargo, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 26(1):55-63.

HarvestPlus. 2003. Frijol Biofortificado (en línea). Consultado 23 feb 2017. Disponible en <http://www.harvestplus.org/pdfs/beanssp.pdf>.

López, M; Fernández, F; Schoonhoven, A. 1986. Frijol: Investigación y Producción. Cali, C. CIAT. 417 p.

Kelly, A. 1992. Medium and long - range forecast prevalence and numbers of malnourished children. *Global regional estimates. World Health Organization* 78:1222-1233.

MEF (Ministerio de Economía y Finanzas, PA), INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA), BM (Banco Mundial). 2008. Encuesta de Niveles de Vida. Panamá. Contraloría General de la República de Panamá.

BIBLIOGRAFÍA

Camargo, I; Gordón, R. 2017. La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):159-169.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2003. Mejoramiento de la nutrición humana en comunidades pobres de américa latina utilizando maíz

- MINSA (Ministerio de Salud, PA), SENAPAN (Secretaría Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional, PA). 2008. Plan Nacional "Prevención y control de las deficiencias de micronutrientes" 2008 – 2015. Cooperación técnica del PMA, INCAP y OPS. 52 p.
- Nestel, P; Bouis, HE; Meenakshi, JV; Pfeiffer, W. 2006. Biofortification of staple food crops (en línea). J. of Nutr. Consultado 20 feb 2016. Disponible en <http://jn.nutrition.org/content/136/4/1064.full.pdf+html>
- Pachón, H. 2009. El Impacto Nutricional de Cultivos Biofortificados o Cultivos con Mayor Calidad Nutricional. Informe Anual del Proyecto Agrosalud. CIAT, CO.
- Pérez, D; Morros, ME; Salih, A; Salazar, L; Dedordy, G; Alemán, L. 2005. Identificación de germoplasma de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) con alto contenido de Fe y Zn para ser incorporado en programas de biofortificación. In II Congreso Venezolano de Mejoramiento Genético y Biotecnología Agrícola. IDEA, del 19 al 21 de octubre de 2005. 1 disco compacto.
- Rodríguez, E; Gordón Mendoza, R; González Guevara, F. 2017. Retrocruzas entre padres panameños y fuentes de alto hierro. Ciencia Agropecuaria no. 26:55-68.
- Vargas, M; Combas, E; Alvarado, G; Atlin, G; Mathews, Ky; Crossa, J. 2013. Meta: A Suite of SAS Programs to Analyze Multi environment Breeding Trials. Agronomy Journal 105:11-19.
- Wiedman, M; Olivares, M; Pizarro, F; Araya, M. 2009. Suplementación con cobre entre comidas no tiene efecto sobre la nutrición de hierro en hombres (en línea). Rev. Chil. Nutr. Consultado 23 feb 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000400008>

FIJACIÓN DE CARBONO EN CERCAS VIVAS DE FINCAS GANADERAS DE LA CUENCA DEL RÍO LA VILLA¹

Jéssica Hassán²; Jaime Espinosa-Tasón³; Leonel Ríos⁴

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de determinar el potencial de carbono en las cercas vivas de fincas ganaderas de la cuenca media y baja del río La Villa. Se evaluaron dos tipos de cercas: simples (de una a dos especies) y múltiples (más de dos especies), donde el contenido de Carbono (C) se determinó según componentes: a). Carbono de la biomasa viva sobre el suelo y b). Carbono orgánico en el suelo. Como resultado en el contenido de carbono según componentes podemos señalar que el mayor contenido se encuentra en el carbono orgánico del suelo, aproximadamente 90% del carbono total del sistema. El análisis estadístico comparando el contenido de carbono en la biomasa para los tipos de cerca simple y múltiple, mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,001$) con medias de 3,76 y 5,77 t C.ha⁻¹, respectivamente. El carbono orgánico en el suelo en promedio fue de 39,35 y 37,76 t C.ha⁻¹, respectivamente donde no hubo diferencia estadística. Los valores promedio totales de potencial en captura de carbono total para el tipo simple fueron 43,40 y para el tipo múltiple de 47,53 t C.ha⁻¹.

PALABRAS CLAVES: Potencial de captura, servicio ecosistémico, materia orgánica, suelo, biomasa.

¹Recepción:13 de octubre de 2017. Aceptación:20 de noviembre de 2017.

²M.Sc. Agroforestería Tropical. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: yessaimee@hotmail.com

³M.Sc. en Socioeconomía Ambiental. IDIAP. CIAA. e-mail: jaet78@gmail.com

⁴Ing. en Producción Animal. IDIAP. CIAA. e-mail: riosleonel17@hotmail.com

CARBON FIXATION IN LIVE FENCES OF LIVESTOCK FARMS FROM THE VILLA RIVER BASIN

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of determining the potential of carbon in the live fences of livestock farms of the middle and lower basin of La Villa river. Two types of fences were evaluated: simple (one - two species) and multiple (more than two species), where the content of Carbon (C) was determined according to components: a). Carbon in living biomass on the ground and b). Organic carbon in the soil. As a result of the carbon content according to components we can point out that the highest content is found in the soil organic carbon, approximately 90% of the total carbon of the system. Statistical analysis comparing the carbon content in biomass for single and multiple fence types showed highly significant differences ($P < 0,001$) with a mean of 3,76 and 5,77 t C.ha⁻¹, respectively. The organic carbon in the soil was on average 39,35 and 37,76 t C.ha⁻¹, respectively, with no statistical difference. The total average values in total carbon capture potential for the simple type was 43,40 and for the multiple type was 47,53 t C.ha⁻¹.

KEY WORDS: Capture potencial, ecosystem service, organic matter, soil, biomass.

INTRODUCCIÓN

La ganadería, es una de las actividades productivas, desarrolladas por el ser humano que ha generado gran presión hacia los recursos naturales donde se evidencian los impactos de origen antropogénico a los ecosistemas por la necesidad de suplir las demandas en productos y servicios de una población creciente.

Esta actividad ha ocasionado diferentes impactos ambientales, como deforestación, fragmentación de los bosques, contaminación de cuerpos de agua, desertificación, erosión, y es también relacionada con el incremento

de las emisiones de gases de efecto invernadero por su relación directa con el flujo de carbono (C), donde se ha llegado a liberar en América Latina por el cambio de uso de suelo 150 Pg C.ha⁻¹, siendo el secuestro y almacenamiento de carbono el servicio ecosistémico más controversial en la actualidad por su efecto en el cambio climático y las consecuencias del mismo (Steinfeld 1999, Kanninen 2006, FAO 2002, Harvey *et al.* 2003).

Recientemente se ha reconocido la importancia de los sistemas agroforestales como sumideros de carbono y su contribución para reducir las emisiones enmarcado en la mitigación

del cambio climático. Los sistemas de producción agropecuarios de Panamá se desarrollan bajo condiciones insostenibles principalmente por la deforestación vinculada al cambio de uso de suelo en la producción agrícola y para uso en pastoreo, observándose que en los últimos 50 años la transformación de los bosques en potreros y cultivos han ocupado el 37% de la superficie del territorio nacional, porcentaje mayor a la capacidad agroecológica del suelo (ANAM 2010).

El área de estudio, la cuenca del río La Villa, no escapa de la realidad antes descrita donde el paisaje predominante es principalmente de pasturas con poca o baja densidad de árboles dispersos, donde la mayor población de árboles la encontramos en las áreas ribereñas y las cercas vivas, a lo que hace mención Harvey *et al.* (2003), donde señala que en América Central de 60% a 95% de las fincas ganaderas tienen cercas vivas y la mayor concentración de árboles está en ellas.

En relación con esto Miranda *et al.* (2007), señala que a las cercas vivas se les ha subestimado el valor con relación a los servicios ecosistémicos por el potencial de captura de carbono o remoción de CO₂ de la atmosfera. Considerando las cercas vivas como un componente importante en el sistema ganadero integral y sostenible,

y que es escasa la información existente, el objetivo de este trabajo fue estimar su potencial como sumideros de Carbono específicamente en las fincas ganaderas de la cuenca del río La Villa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la parte media y baja de la cuenca del río La Villa, localizada en la península de Azuero entre las provincias de Herrera y Los Santos, cuyas coordenadas geográficas son 7°30' y 8°00' de latitud Norte y 80°12' y 80°50' de longitud Oeste. El área de drenaje total de la cuenca es de 1284,3 km², hasta la desembocadura al mar y la longitud del río principal es de 117 km. La precipitación media anual de 1785 mm, oscilando entre 1000 y 2400 mm, donde el 91% de la lluvia ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 9% restante se registra entre los meses de diciembre a abril (ETESA 2015).

El trabajo se desarrolló durante el año 2012, en 15 fincas de productores colaboradores, donde se tomaron muestras de las cercas vivas presentes, ubicadas en la parte media de la cuenca en las localidades de Macaracas, Los Pozos, Calabacito, Llano de Piedra, Chupaito y Las Lomas; y en la parte baja con productores de las localidades de Santa Ana, La Espigadilla, y Tres Quebradas (Figura 1).



Figura 1. Sitios del muestreo de las cercas vivas en fincas ganaderas de la cuenca del río La Villa.

Previo al muestreo se realizó una caracterización de las cercas vivas con la participación del productor para así determinar el manejo y los tipos de cerca según los siguientes criterios:

- Manejo y frecuencia de poda
- Edad en años de las cercas vivas
- Tipos de especies presentes y su frecuencia relativa

Teniendo en cuenta que los sistemas agroforestales acumulan carbono en cuatro componentes (biomasa sobre el suelo, hojarasca, sistema radicular y carbono orgánico del suelo), en este trabajo se consideró el aporte en fijación de carbono (C) según dos componentes:

a. Carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo (CB).

Para el caso del potencial de reserva de carbono en la biomasa sobre el suelo, por finca se muestrearon transeptos de cercas vivas con una longitud de 400 m y un ancho de 5 m (ancho relacionado a la cobertura de la copa), a cada individuo (árboles y arbustos) se le mensuró el diámetro normal a 1,3 m de altura (DAP > 5 cm), la altura total (HT), y el diámetro de la copa.

Para la estimación de la biomasa (B), al no disponer de ecuaciones alométricas específicas del área ni de las especies a determinar, se utilizaron ecuaciones alométricas genéricas de información secundaria (Cuadro 1).

CUADRO 1. ECUACIONES ALOMÉTRICAS GENÉRICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA (B).

Ecuaciones alométricas	R ²	Fuente
1. $Y = \exp [-3,1141 + 0,9719 \ln(D^2 HT)]$	0,97	Brown <i>et al.</i> 1989 (Precipitación < 1500mm)
2. $\text{Log}_{10} B = -0,82 + 238_{\text{Log}_{10} D}$	0,95	Pérez y Kanninen (2003)

B=Biomasa total (kg.árbol⁻¹). D=Diámetro altura del pecho (cm), HT=Altura total del árbol (m)
Y=kg de Ms sobre el suelo por árbol

La estimación del contenido de carbono se realizó a través del inventario de la biomasa, empleando la fracción de carbono (*fC*) con un valor de 0,5 (IPCC 1996 y Ruiz 2002), lo que nos estimaría el CB según individuo con la ecuación:

$$CB = fC \times B$$

b. Carbono orgánico en el suelo (COS).

El potencial de suelo en capturar carbono orgánico depende de dos variables, el contenido de materia orgánica por su relación con la concentración de carbono orgánico (CO) y la densidad aparente (*da*) (Andrade *et al.* 2003). Para determinar el contenido de COS se utilizó adecuaciones de las metodologías propuestas por Lapeyre *et al.* (2004), Amézquita *et al.* (2004) y Rüginitz *et al.* (2009).

El muestreo del suelo se realizó en las parcelas lineales de las cercas donde se habían tomado los datos para CB (a lo largo del transepto de 400 m x 5 m), se estableció una calicata principal de 1 m² en el centro del transepto por cada

100 m y dos mini calicatas (0,4 x 0,4 x 0,4 m²) a una distancia de 50 m de la calicata principal a lo largo de la cerca. Las muestras de suelos se tomaron a las profundidades (*Ps*) de 20 cm a 40 cm (Figura 2).



Figura 2. Minicalicata de 0,4 x 0,4 x 0,4 m².

En la determinación de la densidad aparente se utilizó el método del cilindro, tomando las muestras de tres de las paredes de cada calicata y mini calicata, diferenciado por profundidad. De igual forma se tomaron muestras disturbadas para la determinación de materia orgánica y análisis general. Todas las muestras se analizaron en laboratorio, y se utilizó un factor de 0,58 de C en materia orgánica (MO) según factor determinado por Walkley y Black (1934).

$$\%CO = 0,58 \times \%MO$$

En la estimación del COS se utilizó la siguiente ecuación en base a las variables antes descritas:

$$COS = \%CO \times da \times Ps$$

Para el análisis se desarrolló una base de datos en MS Excel y fue analizada a través del software InfoStat, se determinaron las medidas resumen

de las variables con su tendencia central y dispersión, se analizaron gráficos de frecuencia y gráficos de caja para las distribuciones muestrales, y se realizaron pruebas de t para la comparación estadística de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las fincas se estudiaron un total de 39 transeptos de cercas vivas, de las cuales resultaron dos tipos según el número de especies arbustivas y árboles presentes, una cerca simple con una o dos especies (56%) y cercas múltiples que contienen de tres a 10 especies (44%). La edad de los transeptos en los dos tipos de cerca presentó una media general de 4,5 años con una desviación típica de 2,7 años (Figura 3). El manejo de la poda según indicaron los dueños de las fincas es cada dos o tres años.

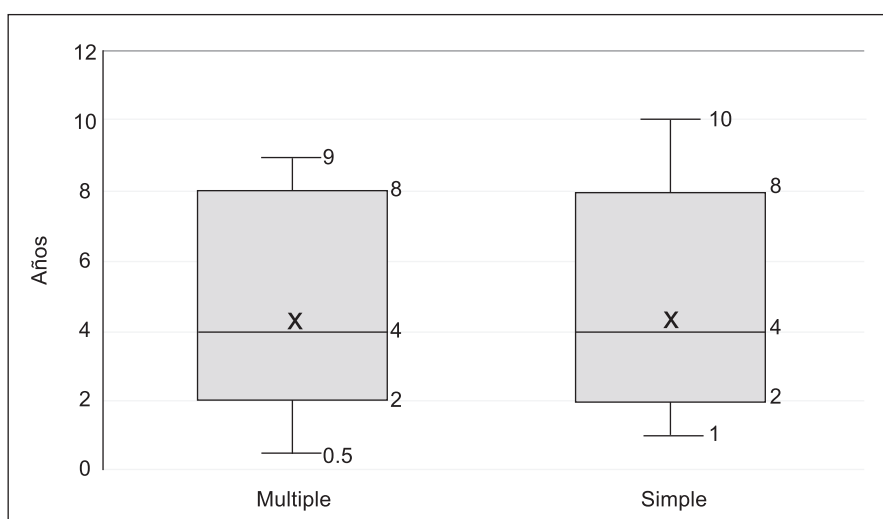


Figura 3. Edad de los transeptos de las cercas vivas.

Se encontró un total de 34 especies en las cercas vivas (Figura 4), donde las especies predominantes fueron *Jatropha curcas* (55%), *Bursera simaruba* (20%), *Bursera tomentosa* (9%) y *Gliricidia sepium* (6%).

Carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo

El potencial de captura de carbono está directamente relacionado con la producción de biomasa por lo que la densidad de especies arbustivas en las cercas vivas se considera un factor importante. La mediana de la densidad en las cercas simples fue de 349 plantas.ha⁻¹ con una desviación intercuartílica de 160 plantas.ha⁻¹, y para las cercas

múltiples fue de 339 plantas.ha⁻¹ con una desviación intercuartílica de 105 plantas.ha⁻¹ (Figura 5). En cuatro casos las cercas tuvieron valores atípicos altos para la variable densidad, situación que está relacionada al uso de la especie *Jatropha curcas* en altas densidades.

La comparación por prueba de t de los resultados del carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo según los dos tipos de cercas vivas mostró una diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) donde las cercas múltiples resultaron en promedio con una diferencia de 2 t C.ha⁻¹ más que las cercas vivas simples (Cuadro 2 y Figura 6).

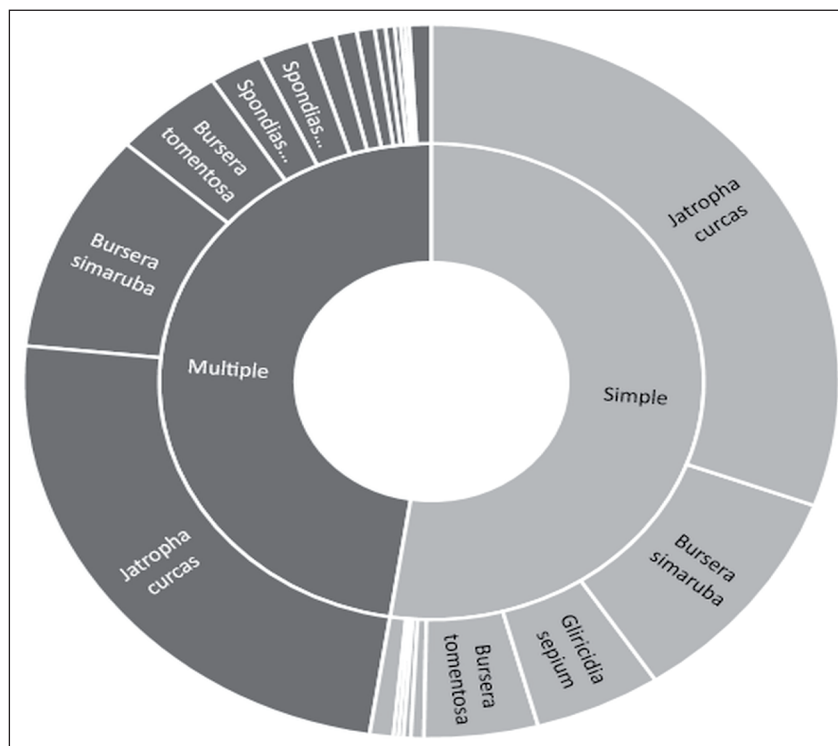


Figura 4. Frecuencia de especies arbustivas en las cercas vivas.

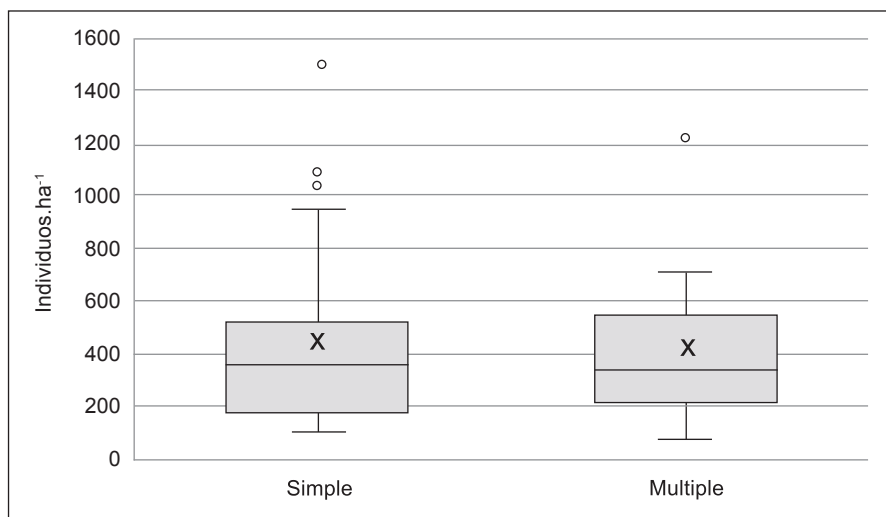


Figura 5. Densidad de especies arbustivas con DAP>5 cm en las cercas vivas.

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL CARBONO DE LA BIOMASA, SEGÚN TIPO DE CERCAS VIVAS.

Prueba de t	Múltiple	Simple
n	17	22
Media	5,77	3,76
Media (1)-Media (2)	2,01	
pHomVar	0,0543	
T	3,67	
gl	37	
p-valor	0,0008	

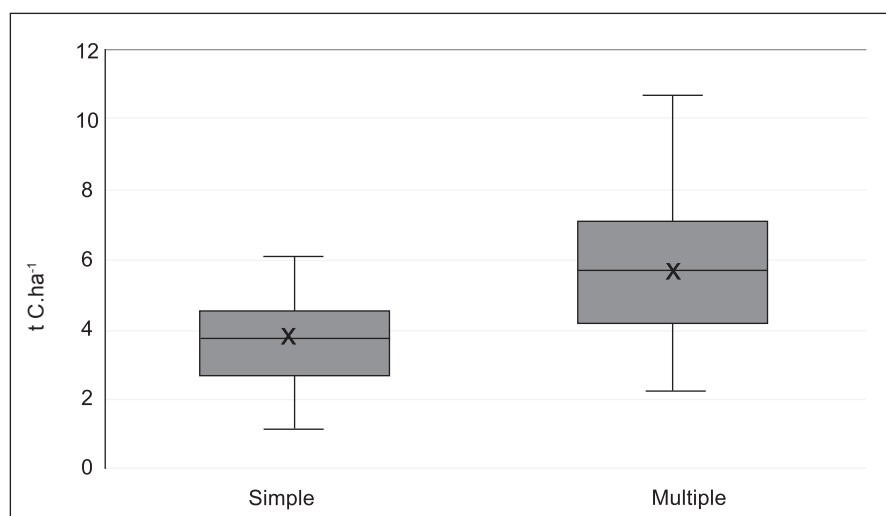


Figura 6. Carbono de la biomasa viva de árboles y arbustos sobre el suelo.

Según Miranda *et al.* (2007) se ha subestimado el valor de las cercas vivas en relación con el potencial en captura de carbono, por lo que hay escasa documentación sobre las cercas vivas. Botero (2003) en sistemas de cercas vivas obtuvo una tasa por año de 5,97 t C.ha⁻¹ en cercas con maderables.

También podemos señalar que en otros tipos de usos de suelo ganadero como son las pasturas degradadas con baja densidad de árboles se han encontrado valores menores de 4,83 t C.ha⁻¹ lo que sumado al aporte de las cercas vivas favorece el incremento del potencial en captura total.

Por otro lado, al comparar los resultados de este trabajo con los obtenidos por Ibrahim *et al.* (2007) y Ruíz

(2002) donde señalan que en los bosques secundarios se pueden encontrar aportes en captura de C de 23,01 t C.ha⁻¹ a 90,78 t C.ha⁻¹ y en áreas de regeneración natural 40,7 t C.ha⁻¹, la comparación con estos resultados resalta la importancia de las cercas vivas en la conservación del servicio ecológico dentro de un sistema productivo tan señalado negativamente por sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Carbono orgánico en el suelo

Al analizar los resultados del carbono orgánico en el suelo por tipo de cerca simple y múltiple a través de una prueba de *t* no se encontró diferencias estadísticas, entre ambos, los gráficos de cajas evidencian esta situación (Figura 7).

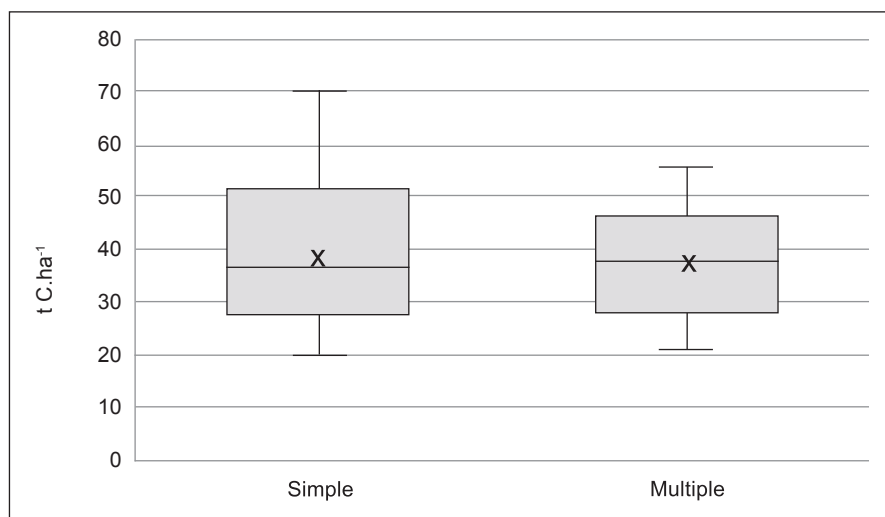


Figura 7. Carbono orgánico en el suelo.

Al comparar los promedios de carbono en el suelo con otras investigaciones en usos de suelos ganaderos como pasturas naturales con árboles y sin árboles, así como pasturas degradadas se obtuvo valores menores a los de Ibrahim *et al.* (2007) que reportó 91,0; 121,7 y 143,0 t C.ha⁻¹, respectivamente, por lo que podemos tener en cuenta que se le debe sumar el aporte de las cercas vivas a estos sistemas y así aumentara el potencial de ambos usos de suelo.

En trabajos de Ruíz (2002) en Nicaragua, y Rojas (2014) en Costa Rica, en condiciones climáticas similares a las de este trabajo, obtuvieron valores de 118,4 t.ha⁻¹ hasta los 40 cm de profundidad para pasturas naturales en monocultivo; de 117,2 t C.ha⁻¹ en pasturas mejoradas; 107,3 t C.ha⁻¹ en pasturas naturales con árboles; 118,9 t C.ha⁻¹ en pasturas mejoradas con árboles.

Podemos suponer que la diferencia en valores de otras investigaciones puede darse ya que la pastura por tener mejor cobertura disminuirá el arrastre

de la materia orgánica superficial y se tendrá mejor reposición en las capas superficiales. De igual forma lo señala Gutiérrez *et al.* (2017), donde los sistemas silvopastoriles de pasturas mejoradas con árboles obtienen los valores de la cantidad de carbono en el suelo más alto entre los 0 - 60 cm de profundidad al compararlo con sistemas que no incluyen árboles.

Al estimar el potencial en capturar carbono en las cercas vivas como parte del sistema productivo ganadero se obtuvo que el mayor contenido de carbono almacenado se encontró en el suelo con aproximadamente cerca del 90% del C total en cercas vivas múltiples y simples (Figura 8).

Resultados similares reportó Ávila *et al.* (2001) donde más del 89% del C está en el suelo. En dos tipos de manejos agroforestales, Takimoto (2008) indicó que una porción mayor de la cantidad total de C del sistema se almacena en el suelo con más del 60%.

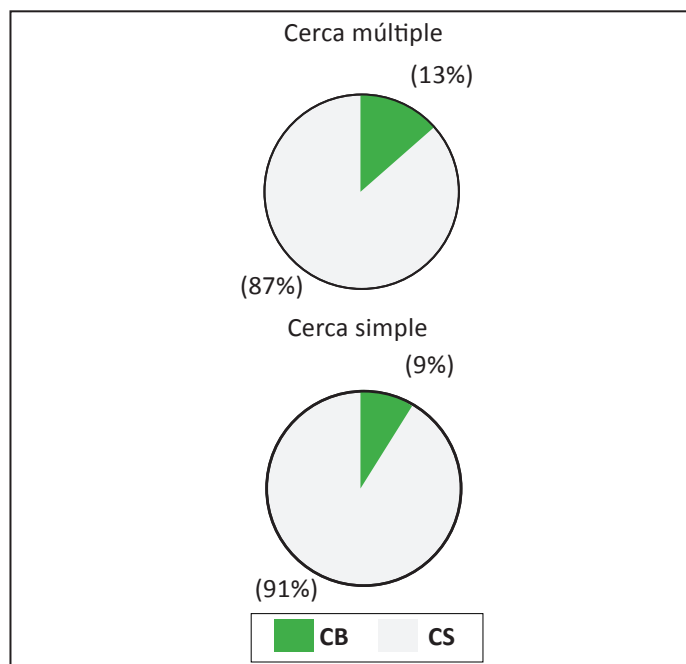


Figura 8. Almacenamiento de carbono según componentes de suelo y biomasa.

CONCLUSIONES

- Las especies predominantes en las cercas vivas son de servicios funcionales (no maderables), con valor ecológico en el potencial de captura de carbono, conectividad de paisaje y biodiversidad.
- Es evidente el aporte en captura de carbono de cualquiera de los dos tipos (simple o múltiple) de las cercas vivas en el sistema ganadero.
- El aporte del carbono orgánico en el suelo se subestima por el hecho de que exista mucha erosión por la falta de cobertura herbácea en el margen de las cercas vivas y es notorio en el 90% de los transectos muestreados que

se pierde por lavado en escorrentía la capa orgánica del suelo por su apariencia de suelo erosionado.

BIBLIOGRAFÍA

Amézquita, MC; Ibrahim, M; Bourman, P. 2004. Carbon sequestration in pasture, Agropastoral and silvopastoral systems in the American tropical forest ecosystem. *In Proc. 2nd Intl. Congress in Agroforestry Systems* (2004, Mérida, MX). p. 61-72.

ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2010. Iniciativa Latinoamericana y caribeña para el desarrollo Sostenible: Indicadores de Seguimiento Panamá 2010. ANAM,

- CGR (Contraloría General de la república), INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo) y PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 94 p.
- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? Agroforestería en las Américas 10(39-40):109-116.
- Ávila, G; Jiménez, F; Beer, J; Gómez, M; Ibrahim, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. Revista agroforestería de las Américas 8(30):32-35.
- Botero B, JA. 2003. Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de carbono (en línea). In Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (Agosto de 2000 - Marzo de 2001). Consultado nov. 2010. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s07.htm>
- Brown, S; Gillespie, A; Lugo, A. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. Forest Science 35(4):881-902.
- ETESA (Empresa de transmisión eléctrica, PA). 2015. Base de datos de precipitación y temperatura de la provincia de Los Santos y Herrera 2010 (en línea). Gerencia de Hidrometeorología. Consultado el 22 nov. 2010. Dponible en <http://www.hidromet.com.pa/index.php>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Basado en el trabajo de Michael Robert. Institut National de recharche agronomique Paris, FR. 62 p.
- Gutiérrez, JF; Morales , S; Vivas, N; Hincapie, B; Peters M, Arango J. 2017. Stock de carbono del suelo en cuatro sistemas de pasturas del trópico seco colombiano. In 3^{ra} Conferencia de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agropecuarios de Latinoamérica. Resúmenes GALA 2017. 4 al 6 de octubre de 2017. INIA La Estanzuela – Colonia, Uruguay. p. 126.

- Harvey, C; Villanueva, C; Villacis, J; Chacón, M; Muñoz, M; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vilchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, F. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):30-39.
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45:27-36.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, web sites). 1996. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (en línea). Consultado dic. 2010. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- Kanninen, M. 2006. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América Latina. *In* Memorias de una conferencia electrónica realizada entre setiembre y diciembre del 2001. Turrialba, CR. CATIE. p. 54-61.
- Lapeyre, T; Alegre, J; Arévalo, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú (en línea). *Ecología Aplicada*, 3 (1,2). Consultado oct 2017. Disponible en file:///C:/Users/CIA-Azuero%20E3/Desktop/DETERMINACION_DE_LAS_RESERVAS_DE_CARBONO.pdf
- Miranda, T; Macgado, R; Machado, H; Duquesne, P. 2007. Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de Caso. Pastos y forrajes (en línea). Consultado oct. 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000400007
- Pérez, D; Kanninen, M. 2003. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1):199-213.

- Rojas M, J. 2014. Carbon sequestration and water use in silvopastoral system with native timber trees in the dry tropics of Costa Rica. Thesis (M.Sc.), CATIE, Turrialba, CR.
- Rügnitz M, T; Chacón M, T; Porro, R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, PE. ICRAF- IA. p. 79.
- Ruíz, A. 2002. Fijación y almacenamiento de carbón en sistemas Silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Turrialba, CR. CATIE. p.111.
- Steinfeld, H. 1999. Producción animal y el medio ambiente en Centroamérica. *In* Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios económicos y ambientales. CR. p.17-32.
- Takimoto, A; Ramachandran Nair, PK; Nair, VD. 2008. Carbon stock and sequestration potencial of traditional and improved agroforestry systems in the west African Sahel. ScienceDirect, Agriculture, ecosystems and Enviroment 125:159-166.
- Walkley, A; Black, A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

RECUPERACIÓN Y SELECCIÓN PARTICIPATIVA DE CULTIVARES DE ARROZ DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ¹

***Luis Torres-Vargas²; Julio Santamaría-Guerra³; Francisco Salmerón⁴;
Ilza Mariano⁵; Aparicio Acosta⁶; José Alexis Quintero⁷***

RESUMEN

El estudio se realizó en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB), República de Panamá entre los años 2010 al 2016, con el objetivo de rescatar, seleccionar, valorar y conservar cultivares de arroz y promover su incorporación en los sistemas de producción para aumentar la disponibilidad de alimentos. En un período de tres años (2010-2013) se realizó la colecta de cultivares de arroz utilizados en los sistemas de producción de la Comarca Ngäbe-Buglé, para su descripción fenotípica, separación de grupos diferenciados y selección participativa de los más promisorios según criterio de los productores efectuado entre 2013 y 2016. Para la selección participativa, los productores y técnicos evaluadores utilizaron la metodología del Diagnóstico Rural Participativo (DRP) y la herramienta Interacción de Grupo. En la selección participativa de los cultivares se definieron, en consenso con los productores, cuatro criterios de evaluación: sanidad, macollamiento, altura de la planta y largo de la espiga. Con la utilización de los métodos de la Frecuencia de Selección de las Variedades (FSV), el Índice de Aceptación por los Productores (IAP) y la Diferencia Intercuartílica (DIQ) de las medianas del primer y tercer cuartil, se seleccionaron los cultivares más promisorios de 52 evaluados, siendo estos: Fortuna Negro, Arroz Blanco, Chato Blanco y Guanacaste. La selección realizada por los productores permitió diferenciar los cuatro mejores cultivares y fue coincidente con las evaluaciones morfo-agronómicas realizadas por el equipo técnico.

PALABRAS CLAVES: Germoplasma nativo, Conservación de germoplasma, recursos fitogenéticos, arroces acriollados.

¹ Recepción: 25 de octubre de 2017. Aceptación: 24 de noviembre de 2017. Investigación financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

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

³ Ph.D. en Innovación Institucional. IDIAP. CIAOc. e-mail: juliosguerra@gmail.com

⁴ Ph.D. en Agroecología. Universidad Agraria de Nicaragua. e-mail: franciscosalmeron@ci.una.edu.ni

⁵ Ing. en Manejo Ambiental. IDIAP. CIAOc. e-mail: franciskin_0512@hotmail.com

⁶ Ing. en Ciencias Agrícolas. IDIAP. CIAOc. e-mail: mendoza2012@hotmail.es

⁷ Ing. en Ciencias Agrícolas. IDIAP. CIAOc. e-mail: jaquisa2059@yahoo.es

RECOVERY AND PARTICIPATORY SELECTION OF RICE CULTIVARS OF THE NGÄBE-BUGLÉ REGION. PANAMÁ

ABSTRACT

The study was carried out in the Ngäbe Buglé Region, Republic of Panama between the years 2010 to 2016, with the objective of rescuing, selecting, evaluating and conserving rice cultivars and to promote their incorporation into production systems to increase the availability of food. In a period of three years (2010-2013) was the collection of rice cultivars used in the production of the Ngäbe-Bugle Region, for its phenotype description, separation of differentiated groups and participatory selection of the most promising according to criteria of producers between 2013 and 2016. For participatory selection, the producers and technical evaluators used the Participatory Rural Appraisal (PRA) methodology and the Group Interaction tool. In the participatory selection of cultivars, four evaluation criteria were defined in consensus with the producers: health, tillering, plant height and spike length. With the use of the methods of the Variety Selection Frequency, the Producer Acceptance Index and the Interquartile Difference of the medians of the first and third quartiles, the most promising cultivars evaluated were selected, of 52 evaluated, these being: Fortuna Negro, Arroz Blanco, Chato Blanco y Guanacaste. The selection made by the producers allowed to differentiate the four best cultivars and was coincident with the morpho-agronomic evaluations carried out by the technical team.

KEY WORDS: Native germplasm, germplasm conservation, phylogenetic resources, native rice.

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Ngäbe Buglé (CNB), los sistemas de producción presentan una erosión genética por la pérdida de variedades y cultivares locales, pérdida del conocimiento colectivo de los pueblos, introducción indiscriminada de materiales genéticos, malas prácticas agrícolas de tumba y quema con bajos insumos y alta vulnerabilidad a la variabilidad climática (Alvarado *et al.* 2010, Santamaría-Guerra

et al. 2014). El territorio es ocupado por la nación Ngäbe Buglé, en la cual la mayor parte de los sistemas de producción son diversificados y el cultivo de arroz es considerado el segundo de importancia después del maíz y el de mayor diversidad (ANAM 2010). Los sistemas de producción del cultivo de arroz en la CNB, son de tipo familiar, con pocos o muy bajo uso de insumos, desarrollados en un ambiente de secano, con lluvias de abril

a noviembre, donde el productor tumba y quema parte de la vegetación y siembra a chuzo. Este sistema de producción se desarrolla en un período de tiempo de tres a cinco años y posteriormente se retira a otras áreas cuando su rendimiento disminuye y la incidencia de plagas aumenta significativamente (Santamaría-Guerra *et al.* 2014).

Existen 10685 sistemas de producción en el cual se siembra el cultivo de arroz en una superficie de 9168,56 ha⁻¹, con un rendimiento promedio de 454 kg.ha⁻¹ cultivado en asocio ya sea con maíz, frijol, yuca u otro cultivo. El 93,5% de la producción de arroz es utilizada para el consumo directo del productor y su familia, y el 6,5% para la venta (INEC 2010). Comparado con el rendimiento promedio nacional de 1000 kg.ha⁻¹ en siembra a chuzo, se aprecia una diferencia de 546 kg.ha⁻¹ (Mariano *et al.* 2012).

La conservación y manejo de los cultivares por las comunidades campesinas e indígenas consiste básicamente en seleccionar características que tienen una mayor capacidad de interacción positiva con el entorno dentro de la variabilidad fenotípica que muestra el cultivo (González *et al.* 2008). Los cultivares así conservados pasan a convertirse en un componente central de los sistemas

productivos en el proceso de transición agroecológica contribuyendo así a la sostenibilidad de los modos de vida de las comunidades indígenas (Santamaría-Guerra y González 2015, 2017). El estudio se realizó con el objetivo de recuperar, valorar y conservar cultivares de arroz utilizados en las comunidades de la Comarca Ngäbe Buglé de Panamá, para promover su incorporación en los sistemas de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en la CNB, que se encuentra ubicada en la región Occidental de la República de Panamá en las coordenadas N: 8°46'11" y O: 81°44'0" y dividida en tres regiones (Ködriri, Nedrini y Nño Kribo), atravesada de oeste a este por la Cordillera Central o Serranía del Tabasará, que separa dos regiones geográficas: (i) la región atlántica o caribeña, cubierta en un 40% de bosques primarios y donde los ríos son cortos y caudalosos; y (ii) la región pacífica muy deforestada y con ríos de mayor recorrido hacia el mar. Tiene una extensión aproximada de 6968,0 km² y fue creada mediante la Ley 10 del 7 de marzo de 1997, cuenta con una población de aproximadamente 154 355 habitantes de los cuales el 91,64% pertenece a la etnia Ngäbe (INEC 2010). Conformada con pendientes de un 60%, de regiones de

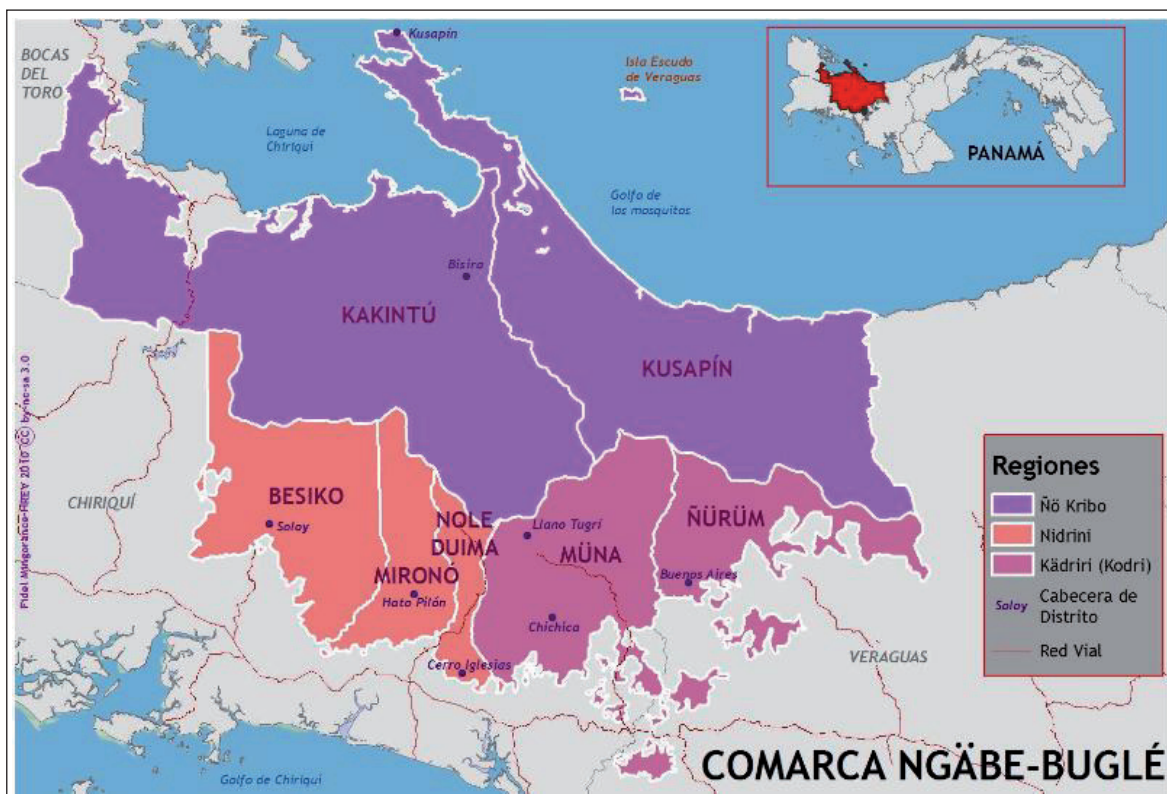
montañas y una geografía representada por rocas ígneas (Figura 1) (Proyecto Ngäbe Buglé 2008).

Colecta, cultivares en estudio y caracterización morfoagronómica

Con el uso de la metodología de Muestreo de Bola de Nieve Lineal (Blastad 2013), se realizó una colecta de cultivares de arroz que se le tomaron los datos de pasaporte (nombre del productor, fecha de la colecta, ubicación geográfica, elevación, tipo de muestra, uso, fisiografía del sitio, aspectos generales, entre otros) en el período comprendido entre 2010 y 2013. Para determinar los grupos de

cultivares, las características fenotípicas y el rendimiento se utilizaron 26 descriptores cualitativos y 17 cuantitativos (Giraldo *et al.* 1993). Los 43 cultivares evaluados se presentan en el Cuadro 1.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa InfoStat, que con el uso del Método de Ward y el Coeficiente de Similitud Gower se obtuvo el conglomerado y los grupos formados con la combinación de variables cuantitativas y cualitativas. Se realizó un análisis de funciones discriminantes y tablas de contingencias para seleccionar los descriptores que más separan a los grupos.



Fuente: Proyecto Ngäbe Buglé 2008.

Figura 1. Ubicación de la Comarca Ngäbe-Buglé, República de Panamá.

CUADRO 1. CULTIVARES COLECTADOS EN LA CNB Y UTILIZADO PARA LA CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA Y LA SELECCIÓN PARTICIPATIVA.

Entrada/ accesiones	Nombre común	Región de procedencia	Nombre del productor
01	Chino amarillo	Kodriri	Bladimir Sanjur
07	Fortuna Negra	Kodriri	Atanasio Camarena
10	Arroz	Kodriri	Eliomar Sánchez
11	Arroz blanco	Kodriri	Lorenzo Rodríguez
17	Anabel	Kodriri	Fermina González
18	Arroz chino	Kodriri	Raúl Serrano
19	Arroz blanco	Kodriri	Evanisto Cortez
20	Arroz blanco	Ñokribo	Miguel Palacio
21	Arroz	kodriri	Evergisto Urriola
23	Chato blanco	Kodriri	Luis Rodríguez
24	Chato blanco	Kodriri	María de la Cruz
26	Bolo colorado	Nedrini	Ladislao De Gracia
27	Guanacaste	Nedrini	Daniel Montezuma
28	Arroz blanco	Ñokribo	Raúl Serrano
29	Guanacaste	Nedrini	Jacinto De Gracia
30	Arroz chari	Nedrini	Melida Montezuma
31	Arroz chinchin	Nedrini	Rogelio Moreno
32	Arroz amarillo	Nedrini	Mario Montezuma
33	Arroz amarillo	Nedrini	María Montezuma
34	Arroz brujo	Nedrini	Jacinto De Gracia
35	Guanacaste negro	Nedrini	Evelio Arango
36	Arroz aceite	Nedrini	Víctor Montezuma
37	Arroz galera	Nedrini	Mauricio Salina
38	Arroz brujo	Nedrini	Víctor Montezuma
39	Arroz chinchin	Nedrini	Jacinto De Gracia
40	Arroz rojo	Nedrini	Celestina De Gracia
42	Bolo Norteño	Nedrini	Ceferino Palacio
45	Guanacaste	Nedrini	Mercedes González
46	Chombo	Nedrini	Jorge Montezuma
48	Arroz Bambú	Nedrini	Nieve Marcussi
49	Fortuna negro	Kodriri	Atanasio Camarena
50	Arroz	Nedrini	Julián Montezuma
51	Picaporte	Nedrini	Rolando Ríos
52	Wri	Nedrini	Julián Montezuma
55	Lijero	Nedrini	Juan Solís
56	Bolo colorado	Nedrini	Ladislao De Gracia
59	Cascara blanco	Nedrini	Francisco Palacio
61	Arroz con cola	Nedrini	Daniel Bejerano
62	Arroz amarillo	Nedrini	Leila Rodríguez
63	Arroz niño	Nedrini	Leila Rodríguez
65	Chino blanco	Nedrini	Marciano Bejerano
67	Oro amarillo	Nedrini	Pascual Montezuma

Selección participativa de los cultivares

Con la metodología del Diagnóstico Rural Participativo (DRP) y la herramienta interacción de grupo (Bermejo *et al.* 2012) mediante talleres y cartillas pre elaboradas se seleccionó un grupo de siete productores y cinco técnicos con experiencia en el cultivo que evaluaron 52 cultivares sembrados a una densidad de 13 plantas/m².

Para la selección de los mejores cultivares se utilizó la metodología de la Selección Participativa de Variedades (SPV) y se determinó la Frecuencia de Selección de las Variedades (FSV). Con los promedios de las calificaciones se determinó el Índice de Aceptación por los Productores (IAP) (Moreno *et al.* 2009, Trouche *et al.* 2006). Se utilizó las medianas del primer y tercer cuartil para determinar la Diferencia Intercuartilica (DIQ) (Santamaría-Guerra *et al.* 2005), para identificar los cultivares que mostraron mayor consenso en la calificación de los evaluadores.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Caracterización morfoagronómica de los cultivares de arroz

De las 17 variables cuantitativas evaluadas, cuatro fueron las más discriminantes: Días de la madurez después de la siembra (DAMA), Prueba

de alcalinidad (PDAL), Rendimiento total (RETO), Granos totales (GREN), mientras que de las 26 variables cualitativas, 10 mostraron poder discriminante: Color predominante del estigma (CPES), Posición predominante del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera (PPHD), Lado corrugado predominante de la lámina foliar (LCLF), Tamaño de las aristas (TAAR), Ángulo del ápice de un grano tomado del tercio medio de la panícula (AAGP), Fertilidad predominante de la panícula (FPPA), Desgranado predominante de la panícula (DPLL), Hábito predominante de crecimiento (HACR), Capacidad predominante de macollamiento (CAPM), Color predominante del ápice del grano apical de la panícula (CAAP).

Con el uso de los descriptores morfoagronómicos fenotípicos cuantitativos y cualitativos se determinó que los cultivares en estudio se encuentran agrupados en cuatro grupos diferentes (MANOVA, $P < 0,0001$) y corroborado con el análisis de comparación de media (gDGC multivariados, $P < 0,5$), donde el grupo que se encuentra integrado con el mayor número de cultivares es el Grupo uno con 14 y el que tiene menor número de cultivares es el Grupo dos con seis cultivares (Figura 2).

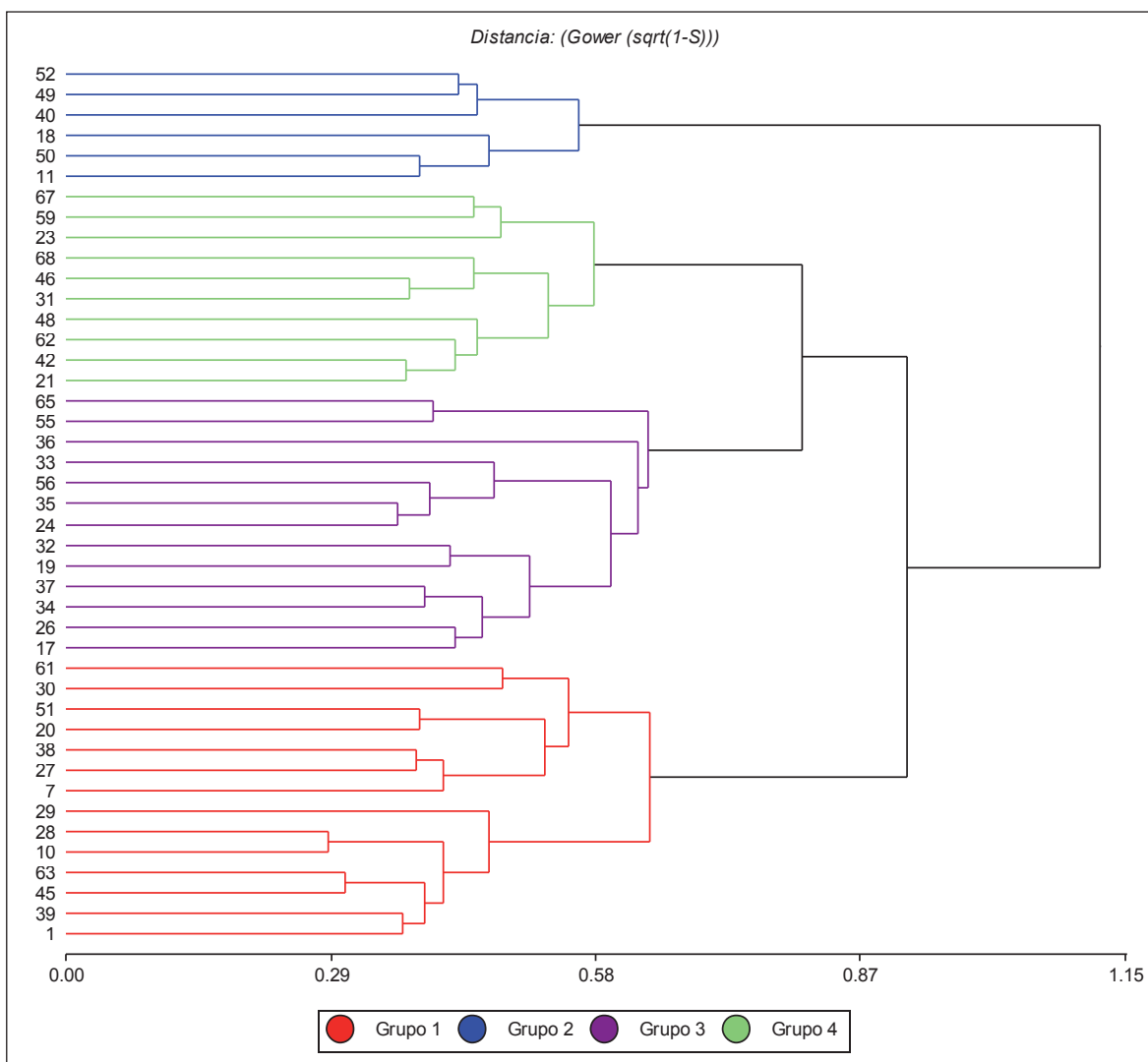


Figura 2. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas usando el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower.

Mediante el uso de las variables discriminantes cuantitativas y cualitativas se pueden agrupar los cultivares en grupos bien definidos que nos permiten hacer descripciones en conjunto o por separado de cada uno de ellos (Solís *et al.* 2015, León *et al.* 2016). En ese sentido, el grupo uno discriminó cultivares con características como la presencia de

corrugación predominante de la lámina de la hoja, la forma de la lígula semierecta y la densidad predominante de la panícula compacta, entre otras. El grupo dos unió aquellos cultivares con hábitos de crecimiento de forma erecta, prolíferas con más de 20 hijos, corrugación en las láminas de las hojas y mayores de 120 días de maduración después de la

siembra, siendo cultivares tardíos. En el grupo tres, las aristas son ausente, la densidad predominante de la panícula es compacta y no presentan color en la lígula. El grupo cuatro, el aristado en la semillas es ausente, la lígula es de forma truncada, presentan alturas de más de 150 cm y el color crema es el que predomina en el estigma.

Selección participativa de los cultivares

Los criterios propuestos entre los participantes de los talleres fueron; altura de la planta, sanidad, macollamiento, resistencia a volcadura y acame, potencial de rendimiento, vigor, largo de la espiga, precocidad, entre otros. Los criterios consensuados y seleccionados fueron: sanidad, macollamiento, altura de la planta y largo de la espiga, los cuales se aplicaron en una escala de calificación de uno (1) para los malos, dos (2) para los regulares, tres (3) para los buenos y cuatro (4) para los excelentes.

Con los resultados de la evaluación participativa se calculó la FSV, lo cual permitió seleccionar ocho cultivares (Fortuna Negro, Arroz Blanco, Chato Blanco, Arroz Claro, Arroz Wri, Arroz Niño, Arroz Guanacaste y Arroz Amarillo. Al determinar el IAP se seleccionaron los cultivares Fortuna Negro, Arroz Blanco, Chato Blanco, Chato Blanco 2, Arroz Guanacaste, Arroz Bambú y Arroz

Ligero, presentando estas las mejores puntuaciones. Se utilizó la Diferencia Intercuartílica (DIQ) para identificar los cultivares que mostraron mayor consenso en la calificación de los evaluadores, donde sobresalieron el Fortuna Negro, Arroz Blanco, Arroz Colorado, Chato Blanco 2, Arroz Guanacaste, Guanacaste Negro y Arroz Ligero. Se determinó que con las metodologías FSV, IAP y DIQ las accesiones Fortuna Negro (7), Arroz Blanco (19), Chato Blanco (23) y Arroz Guanacaste (27) con rendimiento promedio de 3090 kg.ha⁻¹, 2917 kg.ha⁻¹, 3231 kg.ha⁻¹ y 2978 kg.ha⁻¹, respectivamente, están entre las cuatro mejores seleccionadas en los tres casos (Cuadro 2).

El saber local es considerado tan valioso que se convierte por sí solo en un importante tópico de investigación. Es importante resaltar que este tipo de saber requiere de un completo reentrenamiento de los científicos y los miembros de la comunidad. Por tal motivo, en estas investigaciones los productores brindan sus conocimientos y son el factor fundamental en los resultados obtenidos, con igual o mayor relevancia que las investigaciones en las academias y centros de investigaciones (Altieri y Nicholls 2000). Para los productores, las características como macollamiento y largo de la espiga están estrechamente relacionadas con el rendimiento, es decir al tener cultivares con

buen macollamiento y de espigas largas se obtiene un mejor rendimiento. En contraste con la agricultura convencional, para la selección de los cultivares promisorios, una característica de selección utilizada por los productores abarca más de un solo descriptor de uso morfoagronómico de arroz como monocultivo.

Los criterios de selección de los productores no están determinados por el rendimiento, si no que valoran aspectos como; comodidad al momento de realizar las cosechas, facilidad en el desgranado, resistencia a enfermedades y cultivares menos exigentes en insumos. Los cultivares seleccionados se adaptan a terrenos marginales, degradados, con pendientes pronunciadas, para sistemas

en asocio con rendimiento aceptable para estas condiciones (Quirós *et al.* 2009, Díez y Castañeda 1996).

Los cultivares seleccionados poseen una altura superior a 145,0 cm, largo de la espiga entre 25 cm y 32 cm, buen macollamiento y tolerancia a las principales plagas del cultivo (*Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Sarocladium*) (Cuadro 3). Otras características sobresalientes fueron: días a maduración, siendo Fortuna Negro, Chato Blanco y Arroz Guanacaste, tardíos (más de 120 días); y el cultivar Arroz Blanco es intermedio (entre 90 y 120 días). El rendimiento total después del pilado de los cultivares seleccionados fue de 71,19%, 71,10%, 65,53% y 64,19%, respectivamente.

CUADRO 2. POSICIÓN DE LOS CULTIVARES SELECCIONADOS CON EL USO DE LOS TRES MÉTODOS DE EVALUACIÓN.

Resultados	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Índice de Aceptación por los Productores (IAP)	35	27	24	23	19	7	48	55
Frecuencia de Selección de las Variedades (FSV)	23	27	19	4	52	22	50	7
Diferencia Intercuartílica (DIQ)	19	35	24	23	7	27	55	22

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVARES SELECCIONADOS.

Cultivares o nombre común	Criterio de selección			
	Sanidad	Macollamiento (cantidad de hijos)	Altura de la planta (cm)	Largo de la espiga (cm)
<i>Fortuna Negro</i>	Buena	15 a 19	160,1	28,8
<i>Arroz Blanco</i>	Buena	> de 20	148,0	25,8
<i>Chato Blanco</i>	Buena	15 a 19	173,0	29,6
<i>Arroz Guanacaste</i>	Buena	15 a 19	167,5	31,6

CONCLUSIONES

- Mediante el uso de las variables discriminantes cualitativas y cuantitativas fueron separados los arroces en grupos que describieron las características fenotípicas y de rendimiento de los cultivares evaluados.
- La metodología de Selección Participativa de Variedades (SPV) es aplicable a las condiciones de la Comarca Ngäbe-Buglé y para complementar, se utilizó la Diferencia Intercuartílica (DIQ) para resolver las divergencias del Índice de Aceptación de los Productores (IAP) y la Frecuencia de Selección de las Variedades (FSV).
- Para los productores, los criterios de selección consensuados para seleccionar los cultivares de arroces son largo de la espiga, sanidad, macollamiento y altura de la planta.
- Los diseños de sistemas agroecológicos, el conocimiento local para la selección de los arroces empleando metodologías participativas, garantizan una adecuada selección de los cultivares adaptados a las condiciones de los sistemas agrícolas de bajos insumos.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M; Nicholls, Cl. 2000. Agroecología. Teoría y prácticas para una agricultura sostenible. 1 ed. MX. 257 p.
- Alvarado, P; Bieberach, C; Aguilar, A; Camargo, I; Santamaría-Guerra, J. 2010. Segundo informe nacional Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. PA. 87 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2010. Cuarto informe nacional de Panamá ante el Convenio sobre la Biodiversidad. ANAM, UNEP, GEF. PA. 110 p.
- Bermejo, L; Lobillo, A; Cristina, E; Alfonso, M. 2012. Aportes del DRP (Diagnóstico Rural Participativo) a las metodologías participativas y aplicación a la gestión de los recursos naturales en la Gomera. ES.15 p.
- Blastad, O. 2013. Método científico (en línea). Consultado 15 abr. 2016. Disponible en <https://explorable.com/es>
- Diez, D; Castañeda, T. 1996. El cultivo del arroz seco tradicional a chuzo. Informe técnico. Corporación Colombiana de Investigación. CO.

- Giraldo, AG; Fernández de S, J; Muñoz, AG. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo (en línea). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). CO. 167 p. Consultado 7 dic. 2016. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54651>
- González, P; Gutiérrez, J; Niebla, J; Navarro, J. 2008. Recursos genéticos de interés agroecológico en Andalucía. Secretaria General Técnica. ES. 351 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2010. Contraloría General de la República de Panamá (en línea). 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. Consultado 25 may. 2013. Disponible en <http://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- León, P; Noraida, J; González, C; María, C; Castro, M; Rodolfo, I; Aguilar, P. 2016. Caracterización agronómica de tres cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidos mediante el cultivo *in vitro* de anteras (en línea). Cultivos Tropicales 37(1):110-115. Consultado 23 abr. 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000100015&lng=es&tlng=es
- Mariano, I; Santamaría-Guerra, J; Santos, U. 2012. Sistema de producción de arroz criollo en la Comarca Ngäbe Buglé. IDIAP-CNB, 2010. *In* Congreso Internacional - Compendio de resúmenes. Panamá, PA. 1 disco compacto, 120 mm.
- Moreno, I; Puldón, V; Ríos, H. 2009. El fitomejoramiento y la selección participativa de variedades de arroz (en línea). Cultivos Tropicales 20093024-30. Consultado 22 may. 2015. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215047016>
- Proyecto Ngäbe Buglé. 2018. Plan Estratégico de Desarrollo de la Comarca Ngäbe-Buglé. Grupo para el Desarrollo Empresarial S.A., PA. 215 p.
- Quirós, E; Guerra, C; Quintero, A. 2009. Tecnología para la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Agricultura Ngäbe Buglé, Panamá. Alternativas tecnológicas para el manejo del cultivo de arroz a chuzo, en la comarca Ngäbe Buglé,

- Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. PA. 20 p.
- Santamaría-Guerra, J; González D, G. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama (en línea). Agroecology and Sustainable Food Systems. Consultado 23 abr. 2017. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Santamaría-Guerra, J; González D, G. 2015. La agroecología en Panamá: su contribución a la sostenibilidad de modos de vida y la persistencia de la agricultura familiar. Agroecología 10(2):29-38.
- Santamaría-Guerra, J; Torres, L; Mariano, I; Santos, U; Jiménez, B. 2014. Innovación tecnológica de la agricultura familiar de los pueblos originarios de Panamá y Nicaragua. Proyecto de Investigación FONTAGRO. PA. 9 p.
- Santamaría-Guerra, J; Guerra, C; Macre, J; Guillén, V; De León, I. 2005. Escenarios futuros para la tecnociencia y la innovación agropecuaria y forestal en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. PA. 178 p.
- Solís, S; Rivera, R; David, D; Álvarez, R. 2015. Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río (en línea). Cultrop 36(2):131-141. Consultado 23 abr. 2017. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000200018&lng=es&nrm=iso
- Trouche, G; Narváez-Rojas, L; Chow-Wong, Z; Corrales-Blandón, J. 2006. Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en Nicaragua: metodologías, resultados y lecciones aprendidas. Agronomía Mesoamericana v. Ext: 309-325.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecemos a los productores de las comunidades de la Comarca Ngäbe-Buglé que brindaron información y ofrecieron los cultivares de arroces que sirvieron como base para la caracterización y la selección participativa en el estudio, a los productores y técnicos que participaron en la selección de los cultivares. A la Ing. Gladys González y a el Ing. Julio Lara por su apoyo en la revisión y en especial al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá por el financiamiento.

INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS TRES ESPECIES DE BEGOMOVIRUS QUE INFECTAN TOMATE EN PANAMÁ¹

**José Ángel Herrera-Vásquez²; José Natividad Jaén-Sanjur³;
Salvatore Davino⁴; Stefano Panno⁴; Mario Davino⁵**

RESUMEN

Se realizaron prospecciones en cultivos de tomate de las provincias de Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos, Coclé y Panamá Oeste, con el objetivo de determinar la incidencia y distribución geográfica de begomovirus durante el período 2011-2012. Se recolectaron 319 muestras de hojas de plantas de tomate mostrando síntomas similares a los causados por virus, en 28 localidades distintas, las cuales constituyen las principales zonas productoras de tomate en estas provincias. Se realizó la extracción de ADN de cada muestra y su análisis se llevó a cabo mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), utilizando dos parejas de iniciadores degenerados para detectar el género *Begomovirus*. Las muestras que mostraron un resultado positivo se analizaron con iniciadores específicos para identificar las especies de begomovirus. Ciento treinta y cinco (135) muestras de tomate (42,3% del total de muestras recolectadas) resultaron positivas al género *Begomovirus*, mientras que el 100% de estas 135 muestras resultó infectado con al menos un virus. Se determinó la presencia del virus del mosaico amarillo de la papa de Panamá (PYMPV), virus del enrollamiento de la hoja de tomate de Sinaloa (ToLCSiV) y del virus del moteado amarillo del tomate (TYMoV) en las muestras analizadas. Estos resultados se confirmaron mediante secuenciación de ADN y análisis de secuencias. Se discutió la incidencia y distribución geográfica de estos virus en los cultivos de tomate en Panamá, la cual podría ayudar a establecer una base para el diseño de estrategias de control de estos patógenos.

PALABRAS CLAVES: PCR, PYMPV, *Solanum lycopersicum*, ToLCSiV, TYMoV.

¹Recepción:19 de octubre de 2017. Aceptación:2 de diciembre de 2017. Investigación financiada por los proyectos FTG-7086/07/2007 del Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) y 31-2011-4-ITE-002 de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

²Ph.D. en Virología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: joshervs11@gmail.com (Autor para correspondencia).

³Estudiante (Tesisista). Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología (FCNET), Universidad de Panamá (UP). e-mail: josenjaen@hotmail.com

⁴Ph.D. en Virología. Department of Agricultural and Forestry Science (SAF), University of Palermo, Palermo, Italy. e-mail: salvatore.davino@unipa.it / pannostefano@virgilio.it

⁵Ph.D. en Virología. Dipartimento Agricoltura, Alimentazione e Ambiente (Di3A), University of Catania, Catania, Italy. e-mail: mdavino@unict.it

INCIDENCE AND GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF THE THREE BEGOMOVIRUS SPECIES INFECTING TOMATO IN PANAMA

ABSTRACT

Prospecting was carried out on tomato crops in the provinces of Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos, Coclé and West Panamá, with the objective of determining the incidence and geographic distribution of begomovirus during the period 2011-2012. Three hundred nineteen leaf samples from tomato plants showing similar symptoms to those caused by viruses were collected in 28 distinct locations, which constitute the main tomato producing zones in these provinces. DNA extraction was performed from each sample and its analysis was carried out by the polymerase chain reaction (PCR) technique, using two pairs of degenerate primers to detect the genus *Begomovirus*. Samples showing a positive result were analyzed with specific primers to identify begomovirus species. One hundred thirty-five (135) tomato samples (42,3% of the total samples collected) were positive for the genus *Begomovirus*, while 100% of these 135 samples were infected with at least one virus. The presence of the *Potato yellow mosaic Panama virus* (PYMPV), *Tomato leaf curl virus Sinaloa virus* (ToLCSiV) and *Tomato yellow mottle virus* (TYMoV) were determined in the samples analyzed. These results were confirmed by DNA sequencing and sequence analysis. The incidence and geographical distribution of these viruses in tomato crops in Panama was discussed, which could help to establish a basis for the design of control strategies of these pathogens.

KEY WORDS: PCR, PYMPV, *Solanum lycopersicum*, ToLCSiV, TYMoV.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más cultivada y de mayor valor económico en el mundo (Hanssen *et al.* 2010). Panamá ocupa el vigésimo segundo y el quinto lugar en producción de tomate en el continente americano y en América Central, respectivamente, con una superficie cultivada de 799 ha y una producción anual de 20097 t (FAO 2017).

En Panamá, se han observado plantas de tomate mostrando síntomas similares a los causados por begomovirus desde 1983, pero el virus del mosaico amarillo de la papa de Panamá (PYMPV; género *Begomovirus*, familia *Geminiviridae*) se presentó como un problema a partir de 1991, con el incremento de las poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius

(*Hemiptera: Aleyrodidae*) causado por el uso indiscriminado de insecticidas (Engel *et al.* 1998). Recientemente, se reportó en Panamá la presencia de otras dos especies de begomovirus, el virus del moteado amarillo del tomate (TYMoV) y el virus del enrollamiento de la hoja de tomate de Sinaloa (ToLCSiV), infectando tomate en las provincias de Herrera y Chiriquí, respectivamente (Herrera-Vásquez *et al.* 2016). Los begomovirus presentan uno (monopartito) o dos (bipartito) componentes genómicos, denominados ADN-A y ADN-B, y se transmiten de forma persistente por *B. tabaci* (Navas-Castillo *et al.* 2011). Las especies de *begomovirus* identificadas en Panamá poseen un genoma bipartito (Engel *et al.* 1998, Herrera-Vásquez *et al.* 2016).

En la década de los 90, el promedio anual de la producción de tomate en Panamá era de 36 t/ha, con pérdidas de rendimiento de 2,2 t/ha por año. Esta situación condujo a pérdidas económicas para los productores de US\$ 220/ha por año, representando US\$ 1000 000 en pérdidas durante el período 1991-1997, debido principalmente a las enfermedades causadas por el virus PYMPV (Engel *et al.* 1998). De igual forma, en el período 2011-2012, la incidencia de este virus alcanzó proporciones epidémicas en la provincia de Los Santos y en otras regiones dedicadas al cultivo de tomate en Panamá

(Herrera-Vásquez *et al.* 2016). Asimismo, en el período 2015-2016, se presentó una disminución de 6000 t (50%) de la producción de tomate, según informaron al periódico El Siglo de Panamá, la asociación de productores de tomate industrial de la provincia de Los Santos y el Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA) (Mendoza 2015). A pesar de la importancia que ocupa el tomate cultivado a campo abierto y en casa de cultivo en Panamá, la información sobre la incidencia de enfermedades causadas por begomovirus está limitada a las provincias centrales del país (Engel *et al.* 1998).

La identificación de begomovirus debe ser un proceso permanente, dado que los nuevos patógenos requieren cambios continuos en las estrategias de manejo. Por lo tanto, este estudio se enfocó en realizar prospecciones en todas las regiones de Panamá donde se cultiva tomate a campo abierto y en casa de cultivo, con el objetivo de determinar la incidencia y distribución de begomovirus en los cultivos de tomate en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y recolecta de muestras

Se recolectaron 319 muestras de tomate de diferentes cultivares comerciales (DRD 8539, Liro 42, Miramar,

SUN 7705 y Tointer) y locales (Entero Grande, IDIAP T-8 e IDIAP-T9), cultivados a campo abierto y en casa de cultivo en 28 parcelas ubicadas en 20 localidades de las provincias de Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos, Coclé y Panamá Oeste, durante el período de enero de 2011 a diciembre de 2012. Cada parcela se georreferenció con la ayuda de un sistema de posicionamiento global (GPS) portátil (Cuadro 1). El total de las muestras se tomaron de plantas que mostraban

síntomas similares a los causados por virus, con diferentes grados de severidad, incluyendo distorsión, mosaico amarillo en hojas, maduración irregular y reducción del tamaño en frutos de tomate (Figura 1). Se utilizó agua ultrapura estéril y se cultivaron plantas de tomate de los cultivares IDIAP T-7, IDIAP-T8 e IDIAP-T9 en una jaula a prueba de insectos, las cuales se utilizaron como controles negativos en los análisis mediante PCR.



Figura 1. Síntomas de distorsión en hojas (a); mosaico amarillo en hojas (b); maduración irregular y reducción del tamaño en frutos de tomate (c); aspecto general de una parcela de tomate mostrando síntomas similares a los causados por virus (d).

CUADRO 1. INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE BEGOMOVIRUS POR PCR EN MUESTRAS DE TOMATE (PERIODO 2011-2012).

Año de prospección	Localización geográfica	GPS	Sistema de producción	Muestras	Detección e identificación por PCR ^a						infecciones simples ^c (%)	infecciones dobles ^c (%)
					Género Begomovirus	PYMPV	ToLCSiV	TYMoV	Negativa			
2011	Boquete, Chiriquí	341702/968814; 1185	CC	10	0	-	-	-	10	-	-	-
	Dolega, Chiriquí	334203/961779; 1127	CC	10	0	-	-	-	10	-	-	-
	Dolega, Chiriquí	332753/958011; 856	CA	10	0	-	-	-	10	-	-	-
	Renacimiento, Chiriquí	298499/974038; 855	CA	10	3	3	1 ^f	0	7	66,7	33,3	
	Renacimiento, Chiriquí	295106/976224; 918	CA	11	5	5	2	0	6	60	40	
	Boquerón, Chiriquí	324217/962547; 1093	CC	10	0	-	-	-	10	-	-	-
	Santiago, Veraguas	532752/899767; 38	CA ^d	9	4	4	0	0	5	100	0	
	Pesé, Herrera	550653/870642; 54	CA	10	9	9	0	0	1	100	0	
	Pesé, Herrera	548213/870471; 66	CA	10	4	4 ^f	0	1 ^f	6	75	25	
	Pesé, Herrera	533231/873456; 107	CA	10	1	1	0	1 ^f	9	0	100	
	Chitré, Herrera	560731/881739; 41	CA ^e	11	6	6	0	0	5	100	0	
	Santa María, Herrera	534070/898353; 47	CC	8	0	-	-	-	8	-	-	
	Guararé, Los Santos	578419/860964; 45	CA	10	8	8	0	0	2	100	0	
	Guararé, Los Santos	569200/861426; 41	CA	5	4	4	0	0	1	100	0	
	Los Santos, Los Santos	566544/867695; 70	CA	5	5	5	0	0	0	100	0	
	Tonosí, Los Santos	563722/819099; 21	CA	10	7	7	0	0	3	100	0	
	Antón, Coclé	596259/951188; 591	CA	15	0	-	-	-	15	-	-	
	Capira, Panamá	621068/973247; 147	CA	17	2	2	0	0	15	100	0	
	Subtotal			181	58	58	3	2	123	91,4	8,6	
2012	Boquete, Chiriquí	338607/973662; 1543	CC	13	1	1	0	0	12	100	0	
	Renacimiento, Chiriquí	297912/977904; 1077	CC	12	9	9	7	0	3	22,2	77,8	
	Renacimiento, Chiriquí	291339/966469; 1116	CC	11	10	8 ^f	9	0	1	30	70	
	Renacimiento, Chiriquí	299095/966324; 818	CC	18	13	11	13 ^f	0	5	15,4	84,6	
	Renacimiento, Chiriquí	302187/968662; 918	CC	12	8	7	8	0	4	12,5	87,5	
	Santiago, Veraguas	532752/899767; 38	CA ^d	10	2	2	0	0	8	100	0	
	Chitré, Herrera	560731/881739; 41	CA ^e	6	5	5	0	0	1	100	0	
	Santa María, Herrera	533973/898323; 39	CC	25	23	23	0	0	2	100	0	
	Las Minas, Herrera	518077/854482; 709	CA	1	0	-	-	-	1	-	-	
	Los Santos, Los Santos	564087/877976; 19	CA	30	6	6	0	0	24	100	0	
	Subtotal			138	77	72	37	0	61	58,4	41,6	
	Total			319	135	130	40	2	184	72,6	27,4	

^a Número de plantas positivas. Para identificar las especies de begomovirus, se analizaron solamente las muestras que resultaron positivas al género *Begomovirus*. Los virus PepGMV, PHYVV, ToGMoV, ToMiMoV, ToMHaV, ToSLCV y TYLCV no se identificaron en este estudio. Por tanto, estos virus no se incluyeron en el cuadro.

^b La altitud corresponde a metros sobre el nivel del mar (MSNM).

^c El porcentaje se calculó en base al número total de plantas infectadas por virus.

^{d, e} CC, casa de cultivo; CA, campo abierto. Los sistemas de producción que presentan igual letra del superíndice corresponden a la misma parcela.

Detección de begomovirus mediante PCR

Se realizó la extracción de ADN total de cada muestra siguiendo el protocolo descrito por Dellaporta *et al.* (1983). Seguidamente, se realizó la detección

de begomovirus mediante PCR según el procedimiento indicado por Rojas *et al.* (1993), utilizando dos parejas de iniciadores degenerados, PAL1v1978/ PARc715 y PBL1v2040/PCRc2, los cuales amplifican parcialmente el ADN-A

y el ADN-B de este grupo de virus, respectivamente (Rojas *et al.* 1993). La primera pareja de iniciadores amplifica un fragmento de ~1400 pb, correspondiente a un segmento de la proteína asociada con la replicación (Rep), la región común (CR) completa y un segmento de la proteína de cubierta o cápside (CP), mientras que la segunda pareja de iniciadores amplifica un fragmento de ~500 pb, correspondiente a un segmento de la proteína de movimiento (MP) y la región común (CR) completa (Rojas *et al.* 1993).

Tipificación de begomovirus mediante PCR

Se realizó la tipificación de begomovirus, a partir de las muestras recolectadas durante el período 2011-2012 que resultaron positivas a este grupo de virus mediante PCR, siguiendo el procedimiento descrito por Nakhla *et al.* (2005) y Herrera-Vásquez *et al.* (2016). Para ello, se utilizó una pareja de iniciadores específicos para cada una de las diez especies de begomovirus (PepGMV, PHYVV, PYMPV, ToGMOV, ToLCSiV, ToMiMoV, ToMHaV, ToSLCV, TYMoV y TYLCV) que infectan tomate en América Central (Engel *et al.* 1998, Nakhla *et al.* 2005). Estas parejas de iniciadores amplifican un segmento de la proteína Rep (Nakhla *et al.* 2005), excepto las parejas de iniciadores para los virus TYLCV y PYMPV, las cuales amplifican

un segmento de la CR y de la proteína CP, respectivamente (Nakhla *et al.* 2005, Herrera-Vásquez *et al.* 2016).

Los productos de PCR fueron separados mediante electroforesis en gel de agarosa al 1,2% en tampón 1X TAE (conteniendo 40 mM Tris-acetato y 1 mM de EDTA, pH 8,0) y las bandas de ADN se tiñeron con SYBR® Safe 10000X (Invitrogen, California, USA). Para ello, se programó inicialmente la fuente de poder a 100 voltios y se comenzó a correr la electroforesis durante 45 minutos. Seguidamente, se visualizaron los fragmentos de ADN con la ayuda de un transiluminador de luz UV acoplado a un sistema de imagen digital BioDoc-It® (UVP, California, USA). El tamaño de los fragmentos amplificados se determinó por comparación con un marcador de peso molecular de 100-pb (Amresco, Ohio, USA).

Secuenciación y análisis

Para confirmar la identidad de los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV, únicas especies de begomovirus identificadas en este estudio, se secuenciaron dos productos de PCR para cada virus con ayuda del BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit v3.0, en un analizador genético ABI Prism 3130XL (Applied Biosystems, California, USA) en el Instituto Smithsonian de Investigaciones

Tropicales (STRI), en Panamá. Las secuencias obtenidas se compararon con secuencias de begomovirus disponibles en la base de datos del GenBank, con la ayuda del instrumento de búsqueda de alineamientos locales básicos (BLAST, Altschul *et al.* 1997). La homología a nivel de secuencia de nucleótidos se obtuvo de la comparación de las secuencias de los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV en el programa DNAMAN, versión 4.02 Lynnon Biosoft©1994-98 (Institute of Plant Pathology, BBA, Alemania). Las secuencias de los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV obtenidas en este estudio se depositaron en la base de datos del GenBank bajo los números de acceso KP313716/KP313717, KP318651/KP318652 y KP318653/KP318654, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Detección de begomovirus mediante PCR

La detección de begomovirus se realizó mediante PCR, utilizando iniciadores degenerados para el ADN-A y el ADN-B. Ciento treinta y cinco (135) muestras de tomate (42,3% del total de muestras recolectadas) (Cuadro 1) mostraron el tamaño de banda esperado de ~1400-pb y ~500-pb para el ADN-A y el ADN-B, respectivamente, mostrado en la electroforesis en gel de agarosa, lo que indica que existe infección por begomovirus bipartitos del Nuevo Mundo (Figura 2). No se observó amplificación cuando se emplearon los controles negativos agua ultrapura estéril o plantas sanas de tomate como molde en los análisis de PCR (Figura 2).

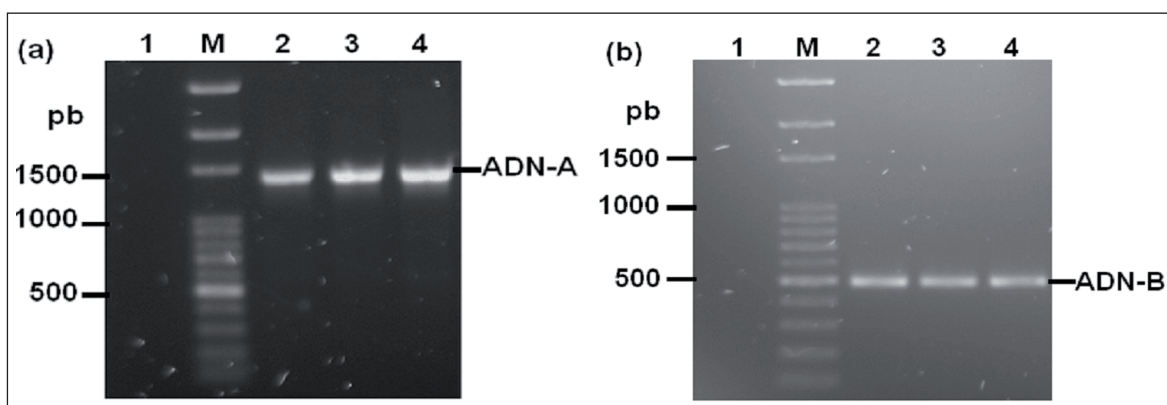


Figura 2. Amplificación de fragmentos de PCR de ~1400-pb (a) y ~500-pb (b) correspondientes al ADN-A y al ADN-B de begomovirus, respectivamente. Línea 1, control negativo (planta de tomate sana); Línea 2, control positivo (planta de tomate infectada con begomovirus); Líneas 3-4, muestras de hojas de plantas de tomate cultivadas en campo abierto en las provincias de Los Santos y Herrera en 2011 y 2012, respectivamente; Línea M, marcador de peso molecular de 100-pb (Amresco).

En 2011, se recolectaron 181 muestras en 18 parcelas comerciales de tomate a campo abierto y en casa de cultivo, localizadas en un rango de altitud de 21 a 1185 msnm, para determinar la presencia de begomovirus. Este grupo de virus se detectó en 58 muestras (32,0% del total de muestras recolectadas) procedentes de 12 parcelas (66,7% del total de parcelas visitadas) a campo abierto, localizadas en un rango altitudinal de 21 a 918 msnm, ubicadas en las provincias de Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos y Panamá Oeste (Cuadro 1); mientras que en parcelas en casa de cultivo no se detectaron muestras positivas. La provincia de Los Santos presentó la mayor incidencia (80,0%), seguida de las provincias de Veraguas (44,4%), Herrera (40,8%), Chiriquí (13,1%) y Panamá Oeste (11,8%); mientras que en la provincia de Coclé no se detectaron infecciones, probablemente por el reducido número de muestras (Cuadro 1). Sin embargo, en estudios previos realizados por Engel *et al.* (1998), se reporta la presencia de begomovirus en las provincias centrales de Panamá, incluyendo Herrera, Los Santos y Coclé. Por lo tanto, se requiere analizar un mayor número de muestras en un futuro estudio para determinar la presencia o ausencia de begomovirus en cultivos de tomate en Coclé.

En 2012, se recolectaron 138 muestras en 10 parcelas comerciales de tomate a campo abierto y en casa de cultivo, localizadas en un rango de altitud de 19 a 1543 msnm, para determinar la presencia de begomovirus. Este grupo de virus se detectó en 77 muestras (55,8% del total de muestras recolectadas) procedentes de 9 parcelas (90,0% del total de parcelas visitadas), en ambos sistemas de producción (campo abierto y casa de cultivo), localizadas en el rango de altitud indicado anteriormente, ubicadas en las provincias de Chiriquí, Veraguas, Herrera y Los Santos (Cuadro 1). La provincia de Herrera presentó la mayor incidencia (87,5%), seguida de las provincias de Chiriquí (62,1%), Veraguas (20,0%) y Los Santos (20,0%) (Cuadro 1). En Panamá, se reporta la presencia de begomovirus en cultivos de tomate localizados a baja altitud (<1000 msnm), en las provincias de Herrera, Los Santos y Coclé (Engel *et al.* 1998). Sin embargo, en el presente estudio se presenta la incidencia de begomovirus en las provincias de Chiriquí, Veraguas y Panamá Oeste, y en cultivos de tomate localizados a una altitud mayor (>1000 msnm) que la reportada previamente para este grupo de virus. Por lo tanto, la distribución geográfica de begomovirus determinada en este estudio es más amplia que la reportada anteriormente en Panamá (Engel *et al.* 1998).

Tipificación de begomovirus mediante PCR

La tipificación de begomovirus se llevó a cabo en las 135 muestras de tomate que mostraron un resultado positivo a este grupo de virus mediante PCR, utilizando iniciadores específicos para las diez especies de begomovirus reportadas en esta hortaliza en América Central (PepGMV, PHYVV, PYMPV, ToGMoV, ToLCSiV, ToMiMoV, ToMHaV, ToSLCV, TYMoV y TYLCV) (Engel *et al.*

1998, Nakhla *et al.* 2005). Se identificaron tres especies de begomovirus (PYMPV, ToLCSiV y TYMoV) en el 100,0% de estas muestras (Cuadro 1), las cuales mostraron el tamaño de banda esperado de 743-pb, 580-pb y 479-pb, respectivamente, tras la electroforesis en gel de agarosa (Figura 3). No se observó amplificación de estos fragmentos en los controles negativos agua ultrapura estéril o plantas sanas de tomate utilizados como molde en los análisis de PCR (Figura 3).

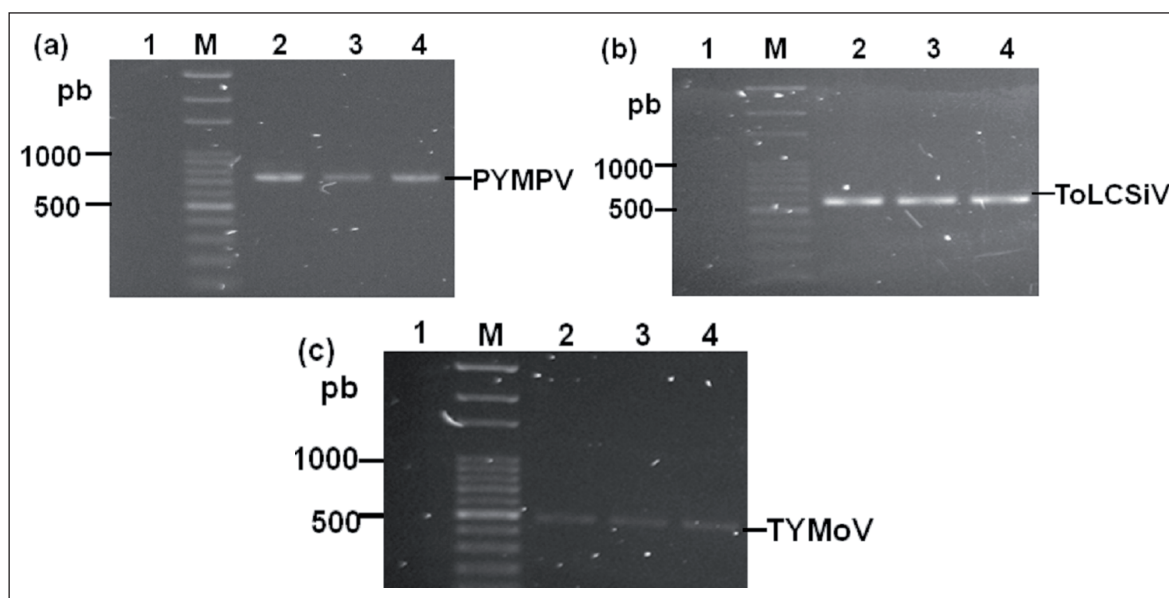


Figura 3. Amplificación de fragmentos de PCR de 743-pb (a), 580-pb (b) y 479-pb (c) correspondientes a los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV, respectivamente. (a) Línea 1, control negativo (planta de tomate sana); Línea 2, control positivo (planta de tomate infectada con el virus PYMPV); Líneas 3-4, muestras de hojas de plantas de tomate cultivadas en campo abierto en la provincia de Los Santos en 2011 y 2012, respectivamente. (b) Línea 1, control negativo (planta de tomate sana); Línea 2, control positivo (planta de tomate infectada con el virus ToLCSiV); Líneas 3-4, muestras de hojas de plantas de tomate cultivadas en campo abierto y en casa de cultivo en la provincia de Chiriquí en 2011 y 2012, respectivamente; (c) Línea 1, control negativo (planta de tomate sana); Línea 2, control positivo (planta de tomate infectada con el virus TYMoV); Líneas 3-4, muestras de hojas de plantas de tomate cultivadas en campo abierto en la provincia de Herrera en 2011; Línea M, marcador de peso molecular de 100-pb (Amresco).

En 2011, se identificó mediante PCR la presencia de infecciones individuales de los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV en 58 (100,0%), 3 (5,2%) y 2 (3,4%) muestras de tomate, respectivamente (Cuadro 1). Se identificó el virus PYMPV en cinco provincias (Chiriquí, Veraguas, Herrera, Los Santos y Panamá Oeste), mientras que los virus ToLCSiV y TYMoV se identificaron solamente en Chiriquí y en Herrera, respectivamente (Cuadro 1). Los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV se identificaron en 12 (66,7%), 2 (11,1%) y 2 (11,1%) parcelas de tomate visitadas en las diferentes provincias (Cuadro 1). Las infecciones individuales fueron prevalentes en las provincias visitadas y representaron el 91,4% de las muestras infectadas, mientras que las infecciones mixtas PYMPV/ToLCSiV y PYMPV/TYMoV se identificaron en Chiriquí y Herrera, respectivamente, y representaron el 8,6% de las muestras infectadas (Cuadro 1).

En 2012, se identificó mediante PCR la presencia de infecciones individuales de los virus PYMPV y ToLCSiV en 72 (93,5%) y 37 (48,1%) muestras de tomate, respectivamente (Cuadro 1). Se identificó al virus PYMPV en todas las provincias, mientras que el virus ToLCSiV se identificó solamente en Chiriquí (Cuadro 1). Los virus PYMPV y ToLCSiV se identificaron en 9 (90,0%) y 4 (40,0%) de las parcelas de tomate visitadas en

las diferentes provincias (Cuadro 1). De igual forma que en 2011, las infecciones individuales fueron prevalentes en las provincias visitadas y representaron el 72,6% de las muestras infectadas, mientras que la infección mixta PYMPV/ToLCSiV se identificó solamente en Chiriquí, y la misma representó el 27,4% de las muestras infectadas (Cuadro 1). Las infecciones mixtas de begomovirus se presentan frecuentemente en tomate (Polston y Anderson 1997) y podrían dar lugar a la ocurrencia de nuevas especies de begomovirus, debido al alto potencial de recombinación que existe en este grupo de virus (Davino *et al.* 2012).

En general, la presencia del virus PYMPV se determinó con mayor frecuencia en los cultivos de tomate en Panamá, seguido de los virus ToLCSiV y TYMoV, en el período 2011-2012. En estudios previos realizados por Engel *et al.* (1998), se reporta al virus PYMPV como la única especie de begomovirus que infecta tomate en las provincias centrales de Panamá. Posterior a la década de los 90, no se encontró ninguna investigación sobre este virus en el país. Por lo tanto, el presente estudio constituye el primer reporte de la incidencia y distribución del virus PYMPV en todas las regiones donde se cultiva tomate a campo abierto y en casa de cultivo en Panamá. En relación a los virus ToLCSiV y TYMoV, se identificaron

solamente en Chiriquí (2011 y 2012) y en Herrera (2011), respectivamente. El virus ToLCSiV se reportó previamente en cultivos de tomate en México, Costa Rica, Guatemala y Nicaragua (Ala-Poikela *et al.* 2005, Nakhla *et al.* 2005), mientras que el virus TYMoV se reportó en tomate en Costa Rica (Nakhla *et al.* 2005).

Un total de 184 muestras de tomate que mostraban síntomas similares a los causados por virus, las cuales se recolectaron en diferentes localidades de las provincias citadas anteriormente, resultaron negativas a begomovirus mediante PCR (Cuadro 1). Estas muestras podrían albergar la presencia de otros virus que infectan tomate en distintas regiones de Panamá, como el virus Y de la papa (PVY; género *Potyvirus*, familia *Potyviridae*) (Herrera-Vásquez *et al.* 2009b), virus del mosaico del pepino (CMV; género *Cucumovirus*, familia *Bromoviridae*), virus del torrado del tomate (ToTV; género *Torradovirus*, familia *Secoviridae*) (Herrera-Vásquez *et al.* 2009a), virus del mosaico del tabaco (TMV) y virus del mosaico del tomate (ToMV), ambos pertenecientes al género *Tobamovirus* incluido dentro de la familia *Virgaviridae* (J.A. Herrera-Vásquez, datos no publicados). PVY y CMV se transmiten por áfidos de forma no persistente (Brunt *et al.* 1996), mientras que ToTV se transmite por las moscas blancas *B. tabaci*,

Trialeurodes vaporariorum Westwood y *Trialeurodes abutilonea* Haldeman de forma semipersistente (Verbeek *et al.* 2014). En Panamá, se reporta la presencia solamente de *B. tabaci* y *T. vaporariorum* (Zachrisson y Poveda 1992). TMV y ToMV se transmiten mecánicamente y por semilla (Brunt *et al.* 1996). La presencia o ausencia de estos virus en las muestras que resultaron negativas a begomovirus podría analizarse en un futuro estudio.

Análisis de secuencias de begomovirus

Las secuencias obtenidas en este estudio para cada especie de begomovirus se compararon con las secuencias de nucleótidos publicadas en la base de datos del GenBank. En todos los casos, la secuencia de ADN obtenida resultó ser la esperada. La homología de secuencias entre aislados de los virus PYMPV, ToLCSiV y TYMoV fue de 97,4%, 99,4% y 97,7% en la zona del genoma estudiada, respectivamente.

CONCLUSIONES

- Las prospecciones realizadas en cultivos de tomate en Panamá, revelaron que las infecciones causadas por los virus ToLCSiV y TYMoV son de especial preocupación en las provincias de Chiriquí y Herrera, respectivamente, mientras que las infecciones ocasionadas por el virus PYMPV se encuentran

ampliamente distribuidas en todo el país. Es importante continuar con las prospecciones analizando un mayor y uniforme número de muestras por parcela y año, para determinar la expansión de estos virus en el país.

- Esta información contribuye a la formación de una base para el diseño de estrategias de control, de cara a las epidemias producidas por begomovirus en los cultivos de tomate en Panamá.

BIBLIOGRAFÍA

- Ala-Poikela, M; Svensson, E; Rojas, A; Horko, T; Paulin, L; Valkonen, JPT; Kvarnheden, A. 2005. Genetic diversity and mixed infections of begomoviruses infecting tomato, pepper and cucurbit crops in Nicaragua. *Plant Pathology* 54:448-459.
- Altschul, SF; Madden, TL; Schaffer, AA; Zhang, J; Zhang, Z; Miller, W; Lipman, DJ. 1997. Gapped BLAST and PSIBLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 25:3389-3402.
- Brunt, AA; Crabtree, K; Dallwitz, MJ; Gibbs, AJ; Watson, L; Zurcher, EJ. (eds). 1996. *Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database*. Version: 20th August 1996 (en línea). Consultado 25 sep. 2014. Disponible en <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vid/>
- Davino, S; Miozzi, L; Panno, S; Rubio, L; Davino, M; Accotto, GP. 2012. Recombination profiles between *Tomato yellow leaf curl virus* and *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* in laboratory and field conditions: evolutionary and taxonomic implications. *Journal of General Virology* 93:2712-2717.
- Dellaporta, S; Woods, H; Hicks, J. 1983. A plant DNA miniprep: version II. *Plant Molecular Biology Reporter* 1:19-21.
- Engel, M; Fernández, O; Jeske, H; Frischmuth, T. 1998. Molecular characterization of a new whitefly-transmissible bipartite geminivirus infecting tomato in Panama. *Journal of General Virology* 79:2313-2317.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2017. Base de datos estadísticos FAOSTAT. Consultado 10 oct. 2017. Disponible en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>

- Hanssen, IM; Lapidot, M; Thomma, BPHJ. 2010. Emerging viral diseases of tomato crops. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 23:539-548.
- Herrera-Vásquez, JA; Alfaro-Fernández, A; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Font, MI; Jordá, C. 2009a. First report of *Tomato torrado virus* infecting tomato in single and mixed infections with *Cucumber mosaic virus* in Panama. *Plant Disease* 93:198.
- Herrera-Vásquez, JA; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Alfaro-Fernández, A; Jordá, C. 2009b. First report of *Pepper mild mottle virus* and *Tobacco mild green mosaic virus* infecting pepper in Panama. *Plant Pathology* 58:786.
- Herrera-Vásquez, JA; Ortega, D; Romero, AB; Davino, S; Mejía, LC; Panno, S; Davino, M. 2016. Begomoviruses infecting tomato crops in Panama. *Journal of Phytopathology* 164:102-113.
- Mendoza, G. 2015. Periódico El Siglo, Panamá. Consultado 9 ago. 2017. Disponible en <http://elsiglo.com.pa/economia/tomateros-pierden-50-produccion/23841577>
- Nakhla, M; Sorenson, A; Mejía, L; Ramírez, P; Karkashian, J; Maxwell, D. 2005. Molecular characterization of tomato-infecting begomoviruses in Central America and development of DNA-based detection methods. *Acta Horticulturae* 695:277-288.
- Navas-Castillo, J; Fiallo-Olivé, E; Sánchez-Campos, S. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology* 49:219-248.
- Polston, JE; Anderson, PK. 1997. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the Western Hemisphere. *Plant Disease* 81:1358-1369.
- Rojas, MR; Gilbertson, RL; Russell, DR; Maxwell, DP. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Disease* 77:340-347.
- Verbeek, M; van Bekkum, PJ; Dulleman, AM; van der Vlugt, RA. 2014. Torradoviruses are transmitted in a semipersistent and stylet-borne manner by three whitefly vectors. *Virus Research* 186:55-60.

Zachrisson, B; Poveda J. 1992. Las moscas blancas en Panamá. *In* Hilje, L; Arboleada, O. (eds). Las moscas blancas (*Homoptera: Aleyrodidae*) en América Central y el Caribe. CATIE. Turrialba, CR. pp. 64-66.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) y a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por

el financiamiento de esta investigación, a través de los proyectos FTG-7086/07/2007 y 31-2011-4-ITE-002, respectivamente. El Dr. J.A. Herrera-Vázquez recibió apoyo de la SENACYT a través del Sistema Nacional de Investigación (SNI). Finalmente, queremos agradecer al personal técnico de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal (DNSV) del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y del IDIAP, así como a los productores de tomate de Panamá por su apoyo y hospitalidad.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS DEL CRUZAMIENTO DIALÉLICO CON TRES RAZAS USANDO UN PROGRAMA ESTADÍSTICO COMPUTARIZADO¹

Pedro Guerra-Martínez²

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una rutina de SAS® para facilitar la estimación de parámetros genéticos del cruzamiento dialélico con tres razas. El modelo dialélico permite estimar la heterosis individual promedio (h^I), entre dos razas (h^I_{i-j}), los efectos genéticos maternos (g^M) y entre dos razas (g^M_{i-j}), efectos genéticos directo (g^I) y entre dos razas (g^I_{i-j}). El modelo de retrocruzas permite estimar los efectos heterocíclicos maternos (h^M) y entre dos razas (h^M_{i-j}). Los datos utilizados fueron de Wilson y Johnson (1981) con la variable número de cerdos a los 42 días (ncv42d). Las razas porcinas fueron Duroc (DD), Hampshire (HH) y Yorkshire (YY), sus cruces recíprocos y retrocruzas. Del SAS® se estimaron las medias a través del PROC MEANS, la transposición de las medias por PROC TRANSPOSE y los parámetros genéticos a través de contrastes de medias. Se estimaron las medias para las razas puras, cruces recíprocos y retrocruzas. Al comparar los valores reportados por Magofke y García (2001) con los del Sistema SAS® no discreparon en g^M_{i-j} , pero en g^M_i hubo una discrepancia de 6,25% en YY. No discreparon los valores de g^I_{i-j} . En g^I_i , la discrepancia no fue mayor al 0,5%. La h^I en porcentaje, la discrepancia mayor fue 1,32% y entre HH y YY fue 1,15%. La discrepancia en h^M en unidades y porcentaje no fue mayor al 0,2%. La mayor discrepancia en h^M_{H-Y} con 5,37%. Las discrepancias están en función del redondeo de los datos y las cifras significativas consideradas. La rutina de SAS® estima acertadamente los parámetros genéticos.

PALABRAS CLAVES: Modelo dialélico, modelo de retrocruzas, SAS®, PROC MEANS, PROC TRANSPOSE.

¹Recepción: 29 de noviembre de 2017. Aceptación: 4 de diciembre de 2017. Aporte del Proyecto de Difusión y Adopción de Tecnologías Generadas por IDIAP en Pequeñas y Medianas Fincas de Chiriquí, Veraguas y Los Santos. Dirección Nacional de Productos y Servicios (DINPROS). IDIAP.

²M.Sc. en Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: pedroguerram16@gmail.com

ESTIMATION OF GENETIC PARAMETERS FROM DIALELIC CROSSBREEDING WITH THREE BREEDS USING STATISTICAL SOFTWARE

ABSTRACT

The objective of this work was to develop a SAS® routine to facilitate the estimation of diallelic crossbreeding parameters with three breeds. Diallelic model allows to estimate the individual average heterosis (h^I), between two breeds ($h^I_{i,j}$), maternal genetic effects (g^M) and between two breeds ($g^M_{i,j}$), direct genetic effects (g^I) and between two breeds ($g^I_{i,j}$). Backcrosses model allows to estimate maternal heterosis effects (h^M) and between two breeds ($h^M_{i,j}$). The data used were from Wilson and Johnson (1981) with the variable numbers of pigs at 42 days (ncv42d). Swine breeds were Duroc (DD), Hampshire (HH) and Yorkshire (YY), their reciprocal crosses and backcrosses. From SAS® means were estimated by PROC MEANS, means transposition by PROC TRANSPOSE and the genetic parameters by mean contrast. Means of pure breeds, reciprocal crosses and backcrosses were estimated. Comparisons of values from Magofke and Garcia (2001) with those of the SAS® values showed no discrepancies in $g^M_{i,j}$ but there was a discrepancy of 6,25% in YY. No discrepancy was found in $g^I_{i,j}$, but in g^I , the discrepancy was not higher than 0,5%. Discrepancy in h^M , in units and percentage, were not higher than 0,2%. The higher discrepancy in $h^M_{i,j}$ was 5,37%. Discrepancies were in function of rounding figures and significant figures being considerate. SAS® routine estimated correctly the genetic parameters.

KEY WORDS:

Dialelic model, backcross model, SAS®, PROC MEANS, PROC TRANSPOSE.

INTRODUCCIÓN

En el uso de un método de cruzamiento es importante estimar el mérito genético de las razas puras usadas y el vigor híbrido (heterosis) individual y maternal. Los parámetros genéticos del cruzamiento dialélico permiten construir modelos lineales para predecir el comportamiento de animales cruzados (Dickerson 1969, 1973). Este autor sostiene que las principales ventajas del cruzamiento interracial en programas de

mejoramiento genético son: heterosis (superioridad del comportamiento promedio de la progenie cruzada sobre el promedio del comportamiento de las razas paternas) y la utilización de diferencias raciales a través de la complementariedad (una mejora en el comportamiento total de la progenie resultando de aparear individuos con diferentes pero complementarios valores de mejoramiento) y optimización del mérito genético racial promedio. Además,

añade que la teoría de la heterosis se explica en términos de diferencias entre frecuencias génicas entre poblaciones.

De acuerdo a Dickerson (1969, 1973), los factores que determinan la eficiencia en el método de cruzamiento son:

- Magnitud de las diferencias promedio raciales para efectos genéticos directos, maternos, paternos y abuelos maternos.
- Magnitud de la heterosis directa, maternal y paternal y pérdidas por recombinación.
- Importancia de las interacciones de efectos genéticos con el manejo y sistemas de mercadeo.

Willham y Pollack (1985) definieron heterosis en F_1 para un modelo de 2-locus, 2-alelos con epistasis como:

$$H_{F_1} = \bar{Y}_{F_1} - \bar{Y}_P = \Delta_A^2 d_A + \Delta_B^2 d_B - \Delta_A \Delta_B (\alpha\alpha)_{AB}$$

Donde:

Δ_i = diferencia en la frecuencia génica entre razas paternas en el locus i ($i = A, B$)
 d_i = desviación de dominancia en el locus i
 $\alpha\alpha_{AB}$ = efectos de interacciones aditivo x aditivo

Magofke y García (2001) desarrollaron estudios con el objetivo de entregar las bases para comprender

mejor estos importantes conceptos, indispensable para construir sistemas de cruzamientos que aporten los máximos beneficios. Entregaron una metodología aritmética para estimar los parámetros genéticos del cruzamiento dialélico con tres razas porcinas en forma de contrastes.

Diseños experimentales como los diseños de reversión simple (crossover) y reversión doble (switchback) no tenían una rutina de pasos como otros diseños experimentales que utilizamos frecuentemente y donde los datos son analizados rápidamente y menor error con el uso de programas estadísticos conocido en inglés como Statistical Analysis System (SAS®) (SAS 1985a, 1985b). Rutinas con el paquete SAS® para diseños de reversión simple han sido presentadas por Quirós y Ruiloba (1990), tomando datos de Ruiloba *et al.* (1990) y Lowry (1989) tomando datos de Gill y Magee (1976). Para diseños de reversión doble de Lucas (1956, 1983) fueron analizados con SAS® por Sanders y Gaynor (1987). Sin embargo, a pesar que las rutinas de Magofke y García (2001) emplean aritméticas sencillas, resultan algo pesadas y propensas a cometer errores. Hasta el momento no se han desarrollado procedimientos de análisis en un sistema como SAS® para los genetistas con acceso a este sistema de análisis, y facilitar el análisis y estimación

de los parámetros genéticos de modelos de cruzamiento dialélico con tres razas.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar y ofrecer una rutina a los genetistas usuarios del sistema estadístico SAS® para la estimación de parámetros genéticos en un sistema de cruzamiento dialélico con tres razas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de datos

Se tomaron los datos sobre el número de cerdos a los 42 días (ncv42d) de Wilson y Johnson (1981). Comprende el cruzamiento entre las razas de cerdo Duroc (DD), Hampshire (HH) y Yorkshire (YY) y todos sus cruces recíprocos.

Los valores corresponden a medias ajustadas, previamente, por mínimos cuadrados y cuando sea necesario se deben ajustar por el uso de modelos mixtos para separar efectos fijos de efectos aleatorios y sus posibles interacciones. Se asume que en el estudio de Magofke y García (2001) hubo un buen control de factores exógenos (fijos y aleatorios). Si los datos de campos son afectados por factores aleatorios y fijos, se recomienda previo al armado del Cuadro 1, un análisis con PROC MIXED con todos los datos de campos y a través de LSMEANS se obtienen estas medias ajustadas.

Modelos genéticos de cruzamiento

Dickerson (1973) propuso una serie de modelos genéticos para cada sistema de cruzamiento conocido. Los modelos para este estudio son los siguientes:

$F_1(A\sigma \times B\phi)$:

$$Y_{AB} = h_{AB} + \frac{1}{2} (g_B^M - g_A^M + g_A^P - g_B^P + m_B - m_A)$$

Retrocruza ($A\sigma \times AB\phi$):

$$Y_{A(AB)} = \frac{1}{2} h_{AB} + h_{AB}^M + \frac{1}{4} (g_B^M - g_A^M + g_A^P - g_B^P) + \frac{3}{4} (m_B - m_A)$$

A y B representan razas paternas y maternas, respectivamente.

Parámetros de interés

Los parámetros genéticos de interés fueron definidos por Magofke y García (2001) y fueron, estimados mediante los siguientes contrastes:

1.-*Estimación de efectos maternos de una raza con respecto a otra (g_{i-j}^M).*

Diferencias entre recíprocos:

$$\text{Ejemplo: } (HD - DH) - (DH - HD)$$

2.-*Estimación de efectos maternos promedios de una raza (g_D^M).*

Diferencias entre promedios de recíprocos:

$$\text{Ejemplo: } (HD + YD)/2 - (DH + DY)/2$$

3.-*Estimación de efectos genéticos directos de una raza con respecto a otra (g_{D-H}^I).*

Diferencias entre las dos razas puras menos el efecto genético directo de una raza con respecto a otra:

$$\text{Ejemplo: } [(DD - HH) - g_{D-H}^M]$$

CUADRO 1. NÚMERO DE CERDOS VIVOS A LOS 42 DÍAS DE ACUERDO A LAS RAZAS PURAS Y CRUCES RECÍPROCOS.

Razas paternas	Razas maternas		
	DD	HH	YY
DD	5,48 (DD)	6,55 (HD)	7,62 (DY)
HH	6,25 (HD)	5,18 (HH)	6,90 (HY)
YY	6,88 (YD)	6,45 (YH)	7,26 (YY)

Fuente: Wilson y Johnson (1981).

4.-Efecto genético directo promedio de una raza (g_D^I).

La diferencia entre la raza de interés con el promedio de las otras razas puras y luego menos el efecto materno promedio de la raza de interés.

$$\text{Ejemplo: } [DD - (HH + YY)/2] - g_D^M$$

5.-Estimación de heterosis individual (h^I).

Hay que calcular dos tipos de heterosis individual. La primera, la heterosis individual promedio (h^I) que involucra todas las razas y sus cruces recíprocos y las heterosis específicas (h_{ij}^I) en donde se estima entre dos razas puras y sus cruces recíprocos (F_1).

$$\text{Heterosis promedio } (h^I): [(\tilde{Y}_{F_1} - \tilde{Y}_P)/\tilde{Y}_P] * 100$$

$$\text{Heterosis específica } (h_{ij}^I): [(\tilde{Y}_{F_1(i,j)} - \tilde{Y}_{PiPj})/\tilde{Y}_{PiPj}] * 100$$

Donde:

$\tilde{Y}_{F_1}$ = comportamiento promedio de los cruces recíprocos.

$\tilde{Y}_P$ = comportamiento promedio de las razas paternas.

$\tilde{Y}_{F_1(i,j)}$ = comportamiento promedio de los cruces recíprocos entre la raza i y la raza j .

$\tilde{Y}_{PiPj}$ = comportamiento promedio de la raza i y la raza j .

6.-Datos para la estimación de heterosis materna.

Para el cálculo de la heterosis materna hay que usar el modelo de cruzamiento de producción de retrocruzas y medias ajustadas por mínimos cuadrados con modelos mixtos cuando sea necesario (Cuadro 2).

7.-Heterosis materna promedio (h^M).

Para el cálculo de la heterosis materna promedio (h^M), se procede primeramente a calcular:

- Promedio de razas puras (Px)
- Promedio de retrocruzas (A)
- $Px + h^I/2$ (B)
- Heterosis materna:
 - $A - B$ (unidades)
 - $A - B$ (%)

8.- Heterosis específica (h_{ij}).

Se procede a tomar en cuenta:

- Raza i y Raza j
- Promedio de razas puras (i, j) (Px)
- Promedio de retrocruzas de i y j (A)
- $Px + h_{ij}^I/2$ (B)

CUADRO 2. NÚMERO DE CERDOS VIVOS A 42 DÍAS DE LOS RETROCUCES DE ACUERDO A LAS RAZAS PATERNAS PURAS Y HEMBRAS F₁.

Razas paternas	Razas maternas (F ₁)		
	DH·DH	DY·YD	HY·YH
DD	7,41 D(DH·HD)	7,67 D(DY·YD)	Triple
HH	7,11H(DH·HD)	Triple	7,20H(HY·YH)
YY	Triple	8,18Y(DY·YD)	8,01Y(HY·YH)

Fuente: Wilson y Johnson (1981).

- Heterosis materna entre Raza *i* y Raza *j*:
 - A - B (unidades)
 - A – B (%)

9.- *Rutina de procedimientos de SAS®.*
Para analizar los procedimientos de Magofke y García (2001) mediante el sistema estadístico de SAS® se tomaron valores simulados de Wilson y Johnson (1981) de seis animales por grupo racial (puros y cruces recíprocos) y se procedió a estimar las medias no ajustadas como sigue:

```
data cruces;
title 'Cruces dialelicos con tres razas';
infile 'C:\Carpeta\Archivo\File1.prn';
input na gracial $ ncv42d;
cards;
```

****Los datos se ordenan en una hoja electrónica como EXCEL® y se transforman en un archivo PRN. El input indica que los datos PRN están ordenados en columnas llamadas na (número de identificación del animal), gracial (grupo racial a que pertenece en formato alfanumérico) y la variable de respuesta ncv42d (número de

cerdos vivos a los 42 días de nacidos). Los datos se pueden anotar después de CARDS en el orden indicado en el INPUT sino se quiere el INFILE****

;****Este punto y coma es una pausa****;
****Los datos se ordenan por grupo racial y número de animal****;

```
proc sort;
by gracial na;
run;
```

****Se calculan las medias para las razas puras y sus cruces recíprocos****;

```
proc means mean noprint;
var ncv42d;
by gracial;
output out=stats mean=ncv42d;
run;
```

****Se crea nuevo set de datos "uno"****;
data uno;
set stats;
drop _TYPE_ _FREQ_;

```
run;
```

****Se crea otro nuevo set de datos "dos"****;

```
data dos;
set uno;
```

****Procedimiento para transposición

de datos y se crea nuevo set de datos
 “tres”****;

proc transpose data=dos out=tres;

var ncv42d;

id gracial;

run;

****Se pide una impresión de los análisis
 al momento****;

proc print;

run;

****Se crea otro set de datos “cuatro”****;

data cuatro;

set tres;

****Estimación de efectos maternos de
 una raza con respecto a otra****;

****Efecto materno de la raza DD en
 relación a HH****;

HDDH=hd-dh;

****Efecto materno de la raza DD en
 relación a YY****;

YDDY=yd-dy;

****Efecto materno de la raza HH en
 relación a DD****;

DHHD=dh-hd;

****Efecto materno de la raza HH en
 relación a YY****;

YHHY=yh-hy;

****Efecto materno de la raza YY en
 relación a DD****;

DYYD=dy-yd;

****Efecto materno de la raza YY en
 relación a HH****;

HYYH=hy-yh;

****Estimación de efectos maternos
 promedio de la raza i****;

****Efecto materno promedio de la raza
 DD****;

EMPD=((hd+yd)/2)-((dh+dy)/2);

****Efecto materno promedio de la raza
 HH****;

EMPH=((dh+yh)/2)-((hd+hy)/2);

****Efecto materno promedio de la raza
 YY****;

EMPY=((dy+hy)/2)-((yd+yh)/2);

****Estimación de efectos genéticos
 directos de una raza con respecto a
 otra****;

****Efecto directo de DD en relación a
 HH****;

EDDH=(dd-hh)-(hd-dh);

****Efecto directo de DD en relación a
 YY****;

EDDY=(dd-yy)-(yd-dy);

****Efecto directo de HH en relación a
 DD****;

EDHD=(hh-dd)-(dh-hd);

****Efecto directo de HH en relación a
 YY****;

EDHY=(hh-yy)-(yh-hy);

****Efecto directo de YY en relación a
 DD****;

EDYD=(yy-dd)-(yd-dy);

****Efecto directo de YY en relación a
 HH****;

EDYH=(yy-hh)-(hy-yh);

****Estimación de efecto directo promedio
 de las razas****;

****Efecto directo promedio de la raza
 DD****;

EDPD=(dd-(hh+yy)/2)-EMPD;

****Efecto directo promedio de la raza HH****;

EDPH=(hh-(dd+yy)/2)-EMPH;

****Efecto directo promedio de la raza YY****;

EDPY=(yy-(dd+hh)/2)-EMPY;

****Estimación de heterosis****;

****Estimación de heterosis promedio****;

AVGRP=(dd+hh+yy)/3;

AVGRE=(dh+dy+hd+hy+yd+yh)/6;

HPRM=AVGRE-AVGRP;

PHET=(HPRM/AVGRP)*100;

****Estimación de heterosis específicas****;

****Estimación de heterosis entre razas DD y HH****;

AVGDH=(dd+hh)/2;

AVGRDH=(dh+hd)/2;

PRMDH=AVGRDH-AVGDH;

PHDH=(HPRMDH/AVGDH)*100;

****Estimación de heterosis entre razas DD y YY****;

AVGDY=(dd+yy)/2;

AVGRDY=(dy+yd)/2;

HPRMDY=AVGRDY-AVG DY;

PHDY=(HPRMDY/AVGDY)*100;

****Estimación de heterosis entre HH y YY****;

AVGHY=(hh+yy)/2;

AVGRHY=(hy+yh)/2;

HPRMHY=AVGRHY-AVG HY;

PHHY=(HPRMHY/AVGHY)*100;

****Para estimar la heterosis maternal hay que aparear las hembras F_1 (retrocruzas)

con las razas paternas y medir la característica de interés en sus crías****;

****Se procede similarmente como el caso de la heterosis individual****;

****HETEROSIS MATERNAL ****;

data maternal;

title2 'Heterosis maternal';

Infile 'C:\Carpeta\Archivo\File2.prn';

input na retro \$ ncv42d;

cards;

;

proc sort;

by retro na;

run;

proc means mean noprint;

varpd;

by retro;

output out=stats2 mean=ncv42d;

run;

****Se crea nuevo set de datos "one"****;

data one;

set stats2;

drop _TYPE_ _FREQ_;

run;

****Se crea otro set de datos "two"****;

data two;

set one;

proc transpose data=two out=three;

var ncv42d;

id retro;

run;

****Se crea otro set de datos "four"****;

data four;

set three;

****Heterosis maternal promedio****;
Px=5.97;****Se calcula el promedio de razas puras****;
HPRM=0.8;****Es la heterosis en unidades o la diferencia entre promedio de los cruzamientos recíprocos y promedio de razas puras****;
 ****Valores de A y B****;
VA=($\frac{3DH+3DY+3HD+3HY+3YD+3YH}{6}$);
VB=(Px+(HPRM/2));
 ****Heterosis en unidades y porcentaje****;
UH=VA-VB;
PH=((VA-VB)/Px)*100;
 ****Heterosis maternal Duroc vs Hampshire****;
data five;
set four;
PxDH=5.33; ****Promedio de las razas puras DD y HH****;
HPRMDH=1.07;****Es la heterosis en unidades o diferencia entre el promedio de las razas puras DD y HH, con el promedio de las retrocruzas D(DH·HD) y H(DH·HD)****;
VADH=($\frac{3DH+3HD}{2}$);
VBDH=PxDH+(HPRMDH/2);
UHDH=VADH-VBDH;
PHDH=((VADH-VBDH)/PxDH)*100;
run;
 ****Heterosis maternal Duroc vs Yorkshire****;
data six;
set five;
PxDY=6.37; ****Promedio de las razas puras DD y YY****;

HPRMDY=0.88;****Es la heterosis en unidades o diferencia entre el promedio de las razas puras DD y YY con el promedio de las retrocruzas D(DY·YD) y Y(DY·YD)*
 ****;
VADY=($\frac{3DY+3YD}{2}$);
VBDY=PxDY+(HPRMDY/2);
UHDY=VADY-VBDY;
PHDY=((VADY-VBDY)/PxDY)*100;
run;
 ****Heterosis maternal Hampshire vs Yorkshire****;
data seven;
set six;
PxHY=6.22;****Promedio de las razas puras HH y YY****;
PRMHY=0.46;****Es la heterosis en unidades o diferencia entre el promedio de las razas puras HH y YY con el promedio de las retrocruzas H(HY·YH) y Y(HY·YH)****;
VAHY=($\frac{3HY+3YH}{2}$);
VBHY=PxHY+(PRMHY/2);
UHHY=VAHY-VBHY;
PHHY=((VAHY-VBHY)/PxHY)*100;
run;
proc print;
run;

RESULTADOS

Los efectos maternos (g_{i-j}^M) de la raza i en relación a la raza j reportados por Magofke y García (2001) y Sistema SAS® se presentan en el Cuadro 3.

Los estimados de los efectos maternos de una raza i con respecto a una raza j son idénticos, de acuerdo al Cuadro 3. Ambas estimaciones fueron iguales. Los mayores valores negativos y positivos se dieron entre el efecto materno de la raza DD en relación a la raza YY (-0,74) y el efecto materno de la raza YY en relación a la raza DD (0,74).

Los estimados de los efectos maternos promedio de la raza i de acuerdo a Magofke y García (2001) y el Sistema SAS® se presentan en el Cuadro 4. Los efectos maternos promedios de las razas (g^M_i) de mayor valor fue el de la raza Yorkshire (0,595) con el Sistema SAS®, mientras que Magofke y García (2001) reportaron 0,590 con discrepancia de 0,847%. Por otra parte, los efectos maternos promedio de la raza Duroc fue menor con Magofke y García (2001) -0,51 y con el Sistema SAS® resultó -0,52, (discrepancia de 1,96%), mientras que para la raza Hampshire fue -0,008 y -0,075, respectivamente, con discrepancia de 6,25% (Cuadro 4).

De acuerdo al Cuadro 5 los efectos genéticos directos estimados de la raza i en relación con la raza j ($g^I_{i,j}$) fueron idénticos entre los reportados por Magofke y García (2001) y el Sistema SAS®. El mayor efecto genético directo se estimó entre la raza YY en relación a la raza HH

(1,63) y el menor entre la raza DD con respecto a la raza YY (-1,04).

El efecto genético directo promedio de la raza DD fue el mismo estimado por ambos procedimientos (-0,23). Sin embargo, el efecto genético directo promedio de la raza HH del Sistema SAS® discrepa en 0,45% de Magofke y García (2001) y en 0,37% en relación a la raza YY, respectivamente (Cuadro 6).

La heterosis individual promedio en unidades de ncv42d discrepó en 0,21% entre los valores reportados por Magofke y García (2001) y el Sistema SAS®. Por otra parte, la heterosis individual en porcentaje difirió en 1,32% entre ambos procedimientos, respectivamente (Cuadro 7). Las heterosis individuales en unidades de ncv42d fue igual en ambos métodos al comparar las razas DD versus HH y DD versus YY (1,07 y 0,88, respectivamente). Al comparar la heterosis individual en unidades de ncv42d entre HH y YY la discrepancia fue de 1,09%. Los estimados de la heterosis individual en porcentajes difirieron en todas las comparaciones específicas. Entre DD y HH la discrepancia fue de 0,12%, entre DD y YY fue de 0,11% y entre HH y YY fue de 1,15%. Esta última fue la máxima diferencia entre las heterosis específicas. La mayor heterosis específica se dio entre DD y HH con un 20,1%.

CUADRO 3. ESTIMADOS DE LOS EFECTOS MATERNOS DE UNA RAZA i EN RELACIÓN A OTRA RAZA j , (g^M_{ij}).

RAZAS	EFECTOS MATERNOS	
	MAGOFKE Y GARCÍA(2001)	SISTEMA SAS®
Efecto materno de la raza DD en relación a la raza HH	-0,3	-0,3
Efecto materno de la raza DD en relación a la raza YY	-0,74	-0,74
Efecto materno de la raza HH en relación a la raza DD	0,3	0,3
Efecto materno de la raza HH en relación a la raza YY	-0,45	-0,45
Efecto materno de la raza YY en relación a la raza DD	0,74	0,74
Efecto materno de la raza YY en relación a la raza HH	0,45	0,45

CUADRO 4. ESTIMADOS DE LOS EFECTOS MATERNOS PROMEDIO DE UNA RAZA i , (g^M_i).

RAZAS	EFECTOS MATERNOS PROMEDIOS	
	MAGOFKE Y GARCÍA(2001)	SISTEMA SAS®
Efecto materno promedio de la raza DD	-0,51	-0,52
Efecto materno promedio de la raza HH	-0,08	-0,075
Efecto materno promedio de la raza YY	0,590	0,595

CUADRO 5. ESTIMADOS DE LOS EFECTOS GENÉTICOS DIRECTOS DE LA RAZA i EN RELACIÓN CON LA RAZA j , (g^I_{ij}).

RAZAS	EFECTOS MATERNOS	
	MAGOFKE Y GARCÍA(2001)	SISTEMA SAS®
Efecto materno de la raza DD en relación a la raza HH	0,6	0,6
Efecto materno de la raza DD en relación a la raza YY	-1,04	-1,04
Efecto materno de la raza HH en relación a la raza DD	-0,6	-0,6
Efecto materno de la raza HH en relación a la raza YY	-1,63	-1,63
Efecto materno de la raza YY en relación a la raza DD	1,04	1,04
Efecto materno de la raza YY en relación a la raza HH	1,63	1,63

CUADRO 6. ESTIMADOS DE LOS EFECTOS GENÉTICOS DIRECTO PROMEDIO DE UN RAZA i , (g^I_i).

RAZAS	EFECTOS DIRECTOS PROMEDIOS	
	MAGOFKE Y GARCÍA(2001)	SISTEMA SAS®
Efecto genético directo promedio de la raza DD	-0,23	-0,23
Efecto genético directo promedio de la raza HH	-1,110	-1,115
Efecto genético directo promedio de la raza YY	1,34	1,335

La discrepancia en la heterosis maternal promedio en unidades de ncv42d y porcentualmente fue de 0,16% y 0,15%, respectivamente (Cuadro 8).

La mayor discrepancia entre la heterosis maternal en unidades y en porcentaje se observaron entre las razas HH y YY con 0,43% y 5,37%.

CUADRO 7. ESTIMADOS DE LA HETEROSIS PROMEDIO INDIVIDUAL Y ESPECÍFICAS EN UNIDADES Y PORCENTAJES (h^i).

HETEROSIS	HETEROSIS INDIVIDUAL Y ESPECÍFICA	
	MAGOFKE Y GARCÍA(2001)	SISTEMA SAS®
Heterosis individual promedio en unidades ncv42d	0,80	0,80167
Heterosis individual promedio en porcentaje.	13,6%	13,4208%
Heterosis entre la raza DD y HH en unidades	1,07	1,07
Heterosis entre la raza DD y HH en porcentaje	20,1	20,075
Heterosis entre la raza DD y YY en unidades	0,88	0,88
Heterosis entre la raza DD y YY en porcentaje	13,8	13,8148
Heterosis entre la raza HH y YY en unidades	0,46	0,455
Heterosis entre la raza HH y YY en porcentaje	7,4	7,31511

CUADRO 8. ESTIMADOS DE LA HETEROSIS MATERNAL PROMEDIO Y ESPECÍFICAS EN UNIDADES Y PORCENTAJES (h^{mY} $h^{m_{i,j}}$).

HETEROSIS	HETEROSIS MATERNAL	
	MAGOFKE Y GARCÍA(2001)	SISTEMA SAS®
Heterosis maternal promedio en unidades ncv42d	1,23	1,228
Heterosis maternal promedio en porcentaje.	20,6	20,57
Heterosis maternal entre DD y HH en unidades	1,39	1,399
Heterosis maternal entre DD y HH en porcentaje	26,1	26,248
Heterosis maternal entre DD y YY en unidades	1,12	1,115
Heterosis maternal entre DD y YY en porcentaje	17,6	17,504
Heterosis maternal entre HH y YY en unidades	1,16	1,155
Heterosis maternal entre HH y YY en porcentaje	18,62	18,132

CONCLUSIONES

- Los cálculos manuales resultan sencillos y fáciles de realizar, pero para los genetistas que tienen acceso al SAS®, los procedimientos han mostrado ser más sencillos y fáciles de proceder. Sus resultados son muy acertados.
- Con el Sistema SAS® se minimizan los errores en la manipulación de datos.
- Se puede trabajar con todos los datos del estudio o con las medidas ajustadas de las razas puras y sus cruces recíprocos.
- Las discrepancias en los datos de Magofke y García (2001) y del Sistema SAS®, en la mayoría de los casos, no pasó del 1% a excepción de la heterosis maternal entre las razas Yorkshire y Hampshire con aproximadamente 6%.

RECOMENDACIONES

- Utilizar medias ajustadas por los mínimos cuadrados cuando en los experimentos no se tiene mucho control con otros factores o variables independencias con efectos fijos y aleatorios; y modelos mixtos para separar efectos fijos de los aleatorios y sus interacciones.

- Desarrollar sofisticados modelos matemáticos para estimar la habilidad combinatoria general y específica, y efectos ligados al sexo.

BIBLIOGRAFÍA

- Dickerson, GE. 1969. Techniques for research in quantitative genetics. *In* Techniques and Procedures in Animal Research. p. 36-79. American Society of Animal Science., Champaign, IL. USA.
- Dickerson, GE. 1973. Inbreeding and heterosis in animals. *In* LV Cundiff (Ed). Proceedings of Animal Breedings and Genetics Symposium in Honor of Dr. Jay L. Lush. p. 54-77. ADSA and ASAS. Champaign, IL. USA.
- Gill, JL; Magee, WT. 1976. Balanced two-period changeover designs for several treatments. *Journal of Animal Science* 42(3):775-777.
- Lowry, SR. 1989. Statistical design and analysis of dairy nutrition experiments to improve detection of milk response differences. *In* Annual Conference on Applied Statistical in Agriculture. 1st Annual Conference Proceedings. Kansas State University Libraries. New Prairie Press. 14 p. Consultado 25 nov. 2017.

- Disponible en <http://newprairepress.org/agstatconference/1989/proceedings/7>
- Lucas, HL. 1956. Switchback trials for more than two treatments. Journal of Dairy Science 39:146-151.
- Lucas, HL. 1983. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Department of Statistics. North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. Mimeo Series #18. Chapter 12. 12 p.
- Magofke S, JC; García F, X. 2001. Uso de cruzamiento entre razas para mejorar la productividad en animal. In IV. Diseño y comparaciones requeridas para estimar el mérito de las razas puras usadas en cruzamiento y el vigor híbrido directo y materno. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Producción Animal. Consultado 26 nov. 2017. Disponible en www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/cruzamientos_univ_chile/04-estimacion_merito.pdf
- Quirós, R; Ruiloba, MH. 1990. Análisis computarizado del diseño de reversión simple. Ciencia Agropecuaria no. 6:161-169.
- Ruiloba, MH; De La Lastra, R; Nielsen, E. 1990. Efecto de la suplementación energética en invierno sobre la producción de leche a base de *Brachiaria decumbens* y un banco de kudzú. Ciencia Agropecuaria no. 6:91-98.
- Sanders, WL; Gaynor, PJ. 1987. Analysis of switchback data using Statistical Analysis System, Inc® software. Journal of Dairy Science 70:2186-2191.
- SAS (SAS Institute Inc, US). 1985a. SAS User's guide: statistics. Version 5. Cary. NC. USA. 325 p.
- SAS (SAS Institute Inc, US). SAS/STAT™. 1985b. Guide for personal computers. Version 6. Cary, NC. USA. 378 p.
- Willham, RL; Pollack, E. 1985. Theory of heterosis. Journal of Animal Science 68:2411-2417.
- Wilson, ER; Johnson, RK. 1981. Comparisons of mating systems with Duroc, Hampshire and Yorkshire breeds of swine for efficiency of swine production. Journal of Animal Science 52(1):26-36.

EVALUACIONES GENÉTICAS: CASO RAZAS CEBUINAS¹

Juan Carlos Martínez-González²; Sonia Patricia Castillo-Rodríguez³;

Axel Villalobos-Cortés⁴; Froylán Andrés Lucero-Magaña⁵;

Gaspar Manuel Parra-Bracamonte⁶

RESUMEN

La Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (AMCC), desde su fundación en 1966 marcó como uno de sus principales objetivos el mejoramiento genético de las razas Cebuinas: Brahman (Br), Guzarat (Gu), Gyr (Gy), Indubrasil (In), Nelore (Ne) y Sardo Negro (Sn). Para la realización de las evaluaciones fue necesario contar con las bases de datos con 473436, 13812, 98385, 174752, 105641 y 37603 registros productivos para las razas Br, Gu, Gy, In, Ne y Sn, respectivamente. La AMCC estableció el Programa de Control de Desarrollo Ponderal (PCDP), que contempla cuatro edades de control: peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD), peso al año (PA) y peso a los 550 días (P550). Los análisis finales fueron a través del modelo animal univariado, usando máxima verosimilitud restringida que consideró el vector de observaciones para cada uno de los pesos, el vector de los efectos fijos de las subclases criador y grupo contemporáneo (año de nacimiento - época de nacimiento - sexo de la cría - régimen alimenticio), edad de la vaca al parto (lineal y cuadrática) y el vector de efectos aleatorios (animal - toro - vaca). Con estos análisis se obtuvieron las diferencias esperadas de la progenie (DEP) y exactitudes. Las DEP son una herramienta esencial para la selección de los futuros progenitores de cada hato al permitir ubicar a un animal dentro de una clasificación, por lo que se recomienda su uso cuando se adquieren los reproductores. Se concluye que la estimación de las DEP reflejará sus ventajas en la medida en que las utilicen los ganaderos.

PALABRAS CLAVES: Cebú, parámetros genéticos, evaluación genética, progenie.

¹Recepción:13 de junio de 2017. Aceptación:24 de octubre de 2017.

²Ph.D. en Ciencias. Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC). Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149. e-mail: jmartinez@docentes.uat.edu.mx

³M.Sc. en Producción Animal Tropical. UAT-FIC. México.

⁴Ph.D. en Conservación y Mejora Animal. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá.

⁵M.Sc. en Producción Animal Tropical. UAT-FIC. México.

⁶Ph.D. en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional-Centro de Biotecnología Genómica. México.

GENETIC EVALUATIONS: ZEBU BREEDS

ABSTRACT

Since its foundation in 1966, the Mexican Association of Zebu Breeders (AMCC), marked as one of its main objectives the genetic improvement of the Zebu breeds: Brahman (Br), Guzerat (Gu), Gyr (Gy), Indubrasil (In), Nellore (Ne) and Sardo Negro (Sn). To carry out evaluations, it was necessary to have databases with 473436, 13812, 98385, 174752, 105641 and 37603 productive records for Br, Gu, Gy, In, Ne and Sn breeds, respectively. The AMCC established the Control Program of Ponderal Development (PCDP), which includes four control ages: weight at birth (BW), weight at weaning (WW), weight per year (WY) and weight at 550 days (W550). The final tests were done through an univariate animal model, using the maximum restricted analyzes that considered the vector of observations for each of the weights, the vector of the fixed effects of breeder subclasses and contemporary group (year and season calving – sex – feed regimen), age of the cow at birth (linear and quadratic) and the vector of random effects (animal - sire - cow). With these analyzes the expected progeny differences (EPD) and accuracies were obtained. The EPD is an essential tool for the selection of the future parents of each herd by allowing an animal to be placed within a classification, so its use is recommended when the breeders are acquired. It is concluded that the estimation of the EPD will reflect their advantages to the extent that they are used by farmers.

KEY WORDS: Zebu, genetic parameters, genetic evaluation, progeny.

INTRODUCCIÓN

Los primeros bovinos (*Bos taurus*) llegaron a América durante el segundo viaje de Colón, mientras que las primeras introducciones de ganado Cebú (*Bos indicus*) fueron durante 1860, pero los tipos criollos dominaron hasta fines de 1940 (Rouse 1977). Hoy en día el ganado Cebú ha reemplazado a la gran mayoría de las poblaciones criollas de las regiones tropicales. El Cebú es preferido por algunos ganaderos debido a su tolerancia a altas temperaturas,

climas húmedos, rusticidad, capacidad para aprovechar forrajes de baja calidad nutritiva y resistencia a parásitos internos y externos, que les permite una mayor adaptación a las condiciones severas del ambiente tropical (Martínez 2002, Martínez 2007, Thompson *et al.* 2014). Las zonas con clima de trópico seco y húmedo abarcan el 23% de la superficie de la República Mexicana, en estas áreas, la producción de carne es la principal actividad pecuaria, la cual se realiza mayormente en sistemas extensivos y

de doble propósito (Magaña-Monforte *et al.* 2006). Sin embargo, la Confederación Nacional Ganadera señaló que el sector pecuario utiliza métodos y tecnologías de producción con un rezago de más de 30 años, por lo que los programas para el sector pecuario deben ser dirigidos para transferir tecnologías para incorporar patrones de producción, competitividad y sostenibilidad.

Según el Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN 1998) una de las acciones urgentes a implementar en México es el establecimiento de programas en materia de mejoramiento genético, con la participación y consenso de los ganaderos comerciales, de los criadores de registro, los técnicos y la propia Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA 2016).

Hasta hace algunos años, la evaluación de bovinos de carne se basaba en patrones raciales (Martínez-González *et al.* 2014), posteriormente se recurrió a la selección por pedigrí. En las décadas de los 70 y 80 proliferaron las pruebas de comportamiento (Gurza 1998) y recientemente se han generalizado las evaluaciones genéticas del comportamiento productivo y reproductivo (Martínez *et al.* 2010, Lopes *et al.* 2012, Barbosa *et al.* 2017).

El mejoramiento genético animal consiste en aplicar los principios biológicos, económicos y matemáticos, con el fin de conocer estrategias óptimas para aprovechar la variación genética existente para maximizar su mérito, éste proceso involucra la evaluación genética y la difusión del material evaluado (Montaldo y Barria 1998), con el interés fundamental de que los animales sobresalientes transmitan sus características a su descendencia para mejorar significativamente la producción ganadera.

La evaluación genética y cuantitativa de los animales domésticos es una de las partes más importantes de la producción animal. Esto reviste mayor importancia en la actualidad por la mayor demanda en productividad. Sin embargo, existen políticas de algunos sectores sociales que piden el desarrollo de sistemas ganaderos sustentables o amigables con el ambiente y enfocados a sistemas que buscan el “óptimo” productivo en vez del máximo productivo.

México, desde hace diez años ha promovido el uso de animales de mayor potencial genético en las comunidades rurales y ejidales por medio de los programas de apoyo federal como “Alianza para el Campo” y más recientemente como “Activos Productivos”; que entre

otras cosas promueven la cuantificación de los parámetros productivos en los animales por medio de estímulos hacia los productores de pie de cría.

En los últimos años las Asociaciones de Criadores de Ganado de Registro han publicado algunos catálogos de animales de cría con estimaciones de las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEP) para características productivas como peso al nacer, peso al destete, entre otras. En el caso específico de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (AMCC), se han publicado valores genéticos para el ganado Cebú en México de manera ininterrumpida desde el año 2005.

Los objetivos del presente documento fueron: Analizar mediante procesos matemáticos las bases de datos para el cálculo de parámetros genéticos y estimar las diferencias esperadas de la progenie del ganado Cebú registrado ante la AMCC. Así como mencionar las nuevas reglas de operación para el apoyo de animales en el Programa de Mejoramiento Genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Impacto cualitativo (análisis cualitativo)

El desconocimiento de los principios científicos de la mejora genética, así como la ineficiente

coordinación y promoción por parte del gobierno, instituciones de investigación, universidades y los técnicos, han paralizado la aplicación del mejoramiento genético animal en la gran mayoría de las unidades ganaderas (CONARGEN 2000). Además, esto ha provocado un costo ecológico por el mantenimiento de animales improductivos con un impacto negativo en el medio ambiente y en la economía. Asimismo, ante la falta de programas de evaluación genética sería necesaria la importación de material genético en todas sus presentaciones (animales vivos, semen y embriones).

En la actualidad existen métodos que permiten la evaluación genética de los animales en producción, los que están por entrar a la actividad productiva o aún aquellos que no cuentan con registros de producción, solo que para ello se requiere de la creación y actualización de bases de datos confiables. De tal modo, algunas asociaciones realizan esfuerzos por estructurar programas de evaluación genética, tales como: Angus, Beefmaster, Braford, Brangus, Cebú, Charolais, Droughtmaster, Simbrah, Simmental, Tropicarne, entre otras (CONARGEN 2016).

Son pocas las Asociaciones de criadores de ganado de registro que realizan evaluaciones genéticas. En muchos casos, la selección de los futuros

reproductores se basa en apreciaciones raciales, de conformación y de tipo, dejando de lado las características de importancia económica que realmente trascienden en la actividad productiva de las unidades (Martínez 1991, Martínez y Castillo 1995).

Es a partir de 1998 que se establece el Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios que se encuentra en su fase de implementación bajo la coordinación del Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN 1998). En el programa se estipula la necesidad de realizar evaluaciones genéticas como las aquí propuestas para hacer de la ganadería una actividad más competitiva.

De modo que, el trabajo aquí planteado contribuirá al logro de las metas del CONARGEN en torno al Programa Nacional (CONARGEN 2000). Es por ello que a través del CONARGEN, y los Comités Técnicos que lo componen, y entre ellos, los de bovinos productores de carne, se elaboró la “Guía Técnica de Programas de Control de Producción y Mejoramiento Genético de Bovinos Productores de Carne”, que sirve para definir y homologar cada criterio para los controles de producción de las diversas asociaciones nacionales de criadores de ganado de registro de razas bovinas

productoras de carne, así como también para los productores comerciales que adquieren sementales de registro y/o que producen sus propios vientres de reemplazo (CONARGEN 2010).

La estimación de las diferencias esperadas de la progenie (DEP) aumentará el valor agregado de los reproductores a la hora de su comercialización en el Programa de Fomento Ganadero u otros mecanismos de comercialización. Parte importante de las evaluaciones genéticas es que las bases de datos sean compatibles con otras bases de datos de otras regiones e inclusive de otros países para estructurar programas genéticos de más alcance en el ámbito del productor, de los técnicos, y del mercado nacional e internacional.

Bases de datos

Siempre se debe tener en cuenta que al elaborar una base de datos se deberán considerar aquellas características productivas de importancia económica. Existe una idea equivocada de los registros, muchos ganaderos comerciales suponen que los registros solo son para ganaderos productores de pie de cría. Sin embargo, los registros son la mejor herramienta para la toma de decisiones en el manejo de los animales y de la unidad de producción en general. Los registros están íntimamente relacionados

con las características de importancia económica (pesos al nacimiento, al destete, al año, final, entre otras). Estos registros pueden llevarse en forma manual, en computadoras o a través de las asociaciones de productores como la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú.

Es muy conveniente que el sistema de registros que se establezca en cada unidad de producción sea simple, sencillo, completo, exacto, actualizado, fácil y que requiera un mínimo de tiempo para mantenerlo al día. Pero algo muy importante que se debe considerar es que sea compatible con otras formas de registro. La información se puede organizar de muchas formas: como libro de hato, libro de páginas sueltas, tarjetas individuales, sistemas computacionales o en una oficina central. Sin embargo, es necesario que la identificación sea única y definitiva (permanente) para evitar la duplicidad de registros, los tatuajes son los más confiables siempre y cuando se utilice una tinta contrastante con el color de la piel del animal.

En México la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú, fue constituida el 9 de marzo de 1962, con el objetivo de agrupar a los criadores de bovinos de razas cebuinas, fomentar su desarrollo y mejorar e incrementar el hato, preservando

la pureza de las diferentes razas utilizadas en México (AMCC 2016).

La AMCC a partir de 1996 estableció el registro de pesajes a edades fijas de acuerdo al Reglamento Técnico del Control de Desarrollo Ponderal (AMCC 1996), de las razas Brahman, Guzerat, Gyr, Indubrasil, Nelore y Sardo Negro. El Programa de Control de Desarrollo Ponderal (PCDP) tiene como principal finalidad identificar los hatos, líneas familiares e individuos con mayor velocidad en ganancia de peso durante la fase de crecimiento. El PCDP se oficializó en 1996, pero en algunas ganaderías el levantamiento de pesajes empezó desde 1993 y en otras ganaderías se tenía información disponible desde los años 80.

Los años del programa PCDP (Cuadro 1) presenta un incremento de animales evaluados por razas cebuinas que se usan en México. Los animales fueron pesados cada 90 días (3 meses $\pm$ 10 días) y se consideraron las siguientes edades control: peso al nacimiento (PN), peso a los 205 días (P205), peso a los 365 días (P365) y peso a los 550 días (P550). Lo importante de una base de datos, es la calidad de la información, los errores, tanto de datos de producción como de pedigrí afectan negativamente los resultados de los programas de mejoramiento genético (Parra *et al.* 2007).

CUADRO 1. INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LAS RAZAS CEBUINAS QUE SE USAN EN MÉXICO.

Año	Brahman	Guzerat	Gyr	Indubrasil	Nelore	Sardo Negro
2010	372352	13307	93087	167934	93728	25124
2011	380736	14113	9300	164906	94341	29170
2012	388120	13438	93958	168760	94840	30595
2013	393182	13812	93391	169542	96338	32119
2014	473436	13812	98385	174752	105641	37603

Edición y ajustes de las bases de datos

Los datos fueron ajustados a edades constantes de 205, 365 y 550 días, de acuerdo a las fórmulas recomendadas por la Federación del Mejoramiento de la Carne (BIF 2002). De igual modo, se generaron los años de nacimiento y las estaciones de nacimiento (secas = enero a junio; y lluvias = julio a diciembre). Los grupos contemporáneos se construyeron en el paquete estadístico SAS®, los cuales incluyeron la época y el año de nacimiento, el sexo del animal y el régimen alimenticio. Mientras que la edad de la vaca al parto se utilizó como covariable lineal y cuadrática.

Grupos de manejo o grupos contemporáneos

En el presente trabajo se generaron grupos contemporáneos, con el fin de agrupar animales que se criaron en condiciones similares o contemporáneas, para obtener los diferentes grupos comparativos dentro de los sistemas de crianza evaluados. No importó si la alimentación de los toros fuera o no

similar en las demás ganaderías, ya que los animales se separan en la evaluación por grupos de manejo. Sin embargo, se requeriría de un análisis minucioso para conocer si un grupo de becerros recibió tratamiento preferencial, al desconocerlo se agruparon con el resto de los becerros.

El agrupamiento de los animales por grupos contemporáneos busca minimizar los sesgos por factores ambientales (sexo, edad y otros criterios para poder llevar a cabo una comparación justa), para evaluar el mérito genético entre animales que teóricamente tienen las mismas oportunidades de desempeñarse de manera similar.

Cálculo de parámetros genéticos

El principal problema que existe para identificar aquellos animales genéticamente superiores, es que el valor genético no se puede observar a simple vista. Existen varias técnicas biométricas para seleccionar los animales con base en su comportamiento en una o varias características (Van Vleck y

Núñez-Domínguez 1992). Sin embargo, la eficiencia (precisión) en las evaluaciones genéticas está en relación directa con la complejidad y el costo de los procedimientos utilizados (Rodríguez 1997).

Para el análisis de las variables y la obtención de variancias y covariancias se utilizó el paquete de máxima verosimilitud restringida, sin el uso de derivadas y multivariado (por su nombre en inglés Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood, MTDFREML) desarrollado en la Universidad de Nebraska, USA (Boldman *et al.* 1993). Para cada variable se ajusta un modelo animal univariado que solamente incluye el efecto de semental. Las pruebas de conectividad resultaron bajas debido a la ausencia de sementales de referencia y el empleo reducido de la inseminación artificial (Cuadro 2).

Índice de herencia

Para el análisis de las variables y la obtención de variancias y covariancias se utilizó el programa MTDFREML (Boldman *et al.* 1993). El modelo animal utiliza toda la información de relaciones de parentesco disponibles en la base de datos, el componente aditivo se estima a través de un solo registro del animal. Sin embargo, el componente materno depende del número de progenie por vaca, del número de vacas con registros

productivos y del número de generaciones en los datos registrados (Maniatis y Pollot 2003).

Por lo tanto, el modelo animal para cada variable, que pudo ajustarse fue:

$$Y = X\beta + Zu + e$$

Dónde:

Y = vector de observaciones para PN, PD, P365 ó P550; **X** = es la matriz que asocia **β** con **Y**; **β** = es el vector de efectos fijos (grupo contemporáneo, hato y covariable lineal y cuadrática de edad de la vaca); **Z** = es la matriz conocida de efectos aleatorios; **u** = es el vector de estimados del valor genéticos de los individuos a evaluar; y **e** = es el vector de efectos aleatorios residuales.

Debido a que existían pocas observaciones (crías) por vaca no se incluyeron los efectos genéticos maternos y de ambiental permanente materno (Quintero *et al.* 2007). Para este modelo, los supuestos fueron:

$$E[y] = X\beta$$

$$Var \begin{bmatrix} d \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_d^2 & 0 \\ 0 & I_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

CUADRO 2. MEDIAS DE PESO VIVO (kg) PARA LAS RAZAS CEBUINAS QUE SE USAN EN MÉXICO (2013).

	Brahman	Guzerat	Gyr	Indubrasil	Nelore	Sardo Negro
Nacimiento	32,4± 3,8	30,7± 3,2	26,9± 3,6	32,5± 3,6	31,4± 3,2	31,8± 4,0
Destete	186,5±40,8	186,1± 54,7	175,8±60,3	197,5±64,8	200,6±63,2	199,4±54,9
365 días	283,5±16,8	244,3±129,9	236,9±70,4	265,9±76,0	264,0±74,9	272,9±65,9
550 días	381,2±89,7	299,0±159,0	293,7±81,7	333,8±97,8	333,5±92,4	351,4±75,4

Dónde:

N = es el número de registros; A = es la matriz del numerador de relaciones de parentesco; e I = son las matrices de identidad del orden apropiado.

Los parámetros genéticos se estimaron a partir de las varianzas proporcionadas por el mismo programa. El proceso iterativo se terminó cuando la varianza de los valores de la función $(-2 \log L)$ del “simples” fue menor que 1×10^{-6} .

El índice de herencia directo (h^2) y proporción de efectos ambientales residuales (e^2) fue estimado:

$$h^2 = \sigma_d^2 / \sigma_f^2$$

Dónde:

σ_d^2 = varianza de efectos genéticos directos; σ_f^2 = varianza fenotípica.

Mientras que el error estándar de h^2 puede estimarse con la fórmula:

$$E.E. (h^2) =$$

$$4 \{ [2(1-t)^2 [1+(r-1)t]^2] / r(r-1)(s-1) \}^{-1/2}$$

Dónde:

t = correlación intraclass; r = número de registros por vaca; y s = número de sementales.

El uso de las correlaciones en los análisis, permite que se determinen de manera más precisa los genes presentes en el animal y ayuda a mejorar la precisión en los cálculos. Se sabe que el PD tiene una alta correlación con el PF, entonces se podrá utilizar información sobre el PD del animal para ayudar a calcular la DEP de PF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los parámetros genéticos estimados, para el PN, el h^2 se puede considerar como alto, excepto para Sardo Negro (Cuadro 3). Similares valores se encuentran en la literatura para ganado de carne (Kriese *et al.* 1991, Salces *et al.* 2002, Plasse *et al.* 2004).

Para PN es importante la proporción de efectos directos transmitidos a la cría (Cuadro 3), por ello es importante considerar cuando los sementales se cruzan o serán cruzados con ganado europeo, con lo cual se ha observado mayor incidencia de partos distócicos (Bellows *et al.* 1996, Alejo *et al.* 2000).

Se debe considerar que el Programa de Control de Desarrollo Ponderal de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú tiene una cantidad importante de información registrada, pero sólo de animales de registro (candidatos a sementales), dejando de lado toda la información que se puede coleccionar de animales comerciales que existen en todas las unidades de producción.

El índice de herencia es la porción del rasgo que se debe a los efectos genéticos aditivos. Por ejemplo, el índice de herencia para peso al destete ajustado es de 0,22 en el ganado Brahman (Cuadro 3). Además, se debe entender que las correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales ayudan a identificar cómo se relacionan los rasgos. Básicamente, una correlación dice que los genes pueden trabajar de manera conjunta positivamente o negativamente para influir en los rasgos, o que un gen puede afectar más de un rasgo. Si observamos el crecimiento, veremos que los mismos genes que afectan el peso al destete, también pueden llegar a tener un gran

impacto en el peso final, dado que tienen una alta correlación positiva (0.70). Esto significa que la selección a través del peso al destete, también aumentará el peso final, dado que existe una gran cantidad de genes iguales implicados.

Para el P205, el h^2 se puede considerar como de valor medio excepto para Guzerat y Sardo Negro donde fue bajo (Cuadro3). Este valor es similar al de otros estudios en ganado de carne (Koots *et al.* 1994). Sin embargo, esto no implica que los estimadores obtenidos con base en la información evaluada sean sesgados, por lo que la generación de predictores genéticos e índices de selección basados en ellos puede ayudar al progreso genético en la población cebuina.

Para P365, el estimador de h^2 fue moderado para este carácter de crecimiento (Cuadro 3). Este valor es similar a los estimadores publicados en ganado de las razas Guzerat y Nelore (Gunski *et al.* 2001, Pimenta *et al.* 2001).

CUADRO 3. ÍNDICES DE HERENCIA PARA CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO PARA LAS RAZAS CEBUINAS QUE SE USAN EN MÉXICO (2013).

	Brahman	Guzerat	Gyr	Indubrasil	Nelore	Sardo Negro
Nacimiento	0,52±0,17	0,42±0,18	0,53±0,19	0,49±0,17	0,31±0,13	0,15±0,19
Destete	0,22±0,09	0,11±0,18	0,29±0,14	0,31±0,13	0,24±0,11	0,17±0,10
365 días	0,32±0,14	0,26±0,13	0,34±0,15	0,31±0,13	0,22±0,09	0,24±0,13
550 días	0,23±0,10	0,38±0,19	0,36±0,18	0,14±0,09	0,32±0,14	0,22±0,12

Por último, el h^2 para P550 fue moderado para Guzerat, Gyr y Nelore (Cuadro 3), similar a lo que se ha informado en algunos estudios para ganado Brahman de Sudáfrica y Venezuela (Pico *et al.* 2004, Plasse *et al.* 2004).

De acuerdo con los resultados, se concluye que existe un moderado efecto genético directo en todos los caracteres de crecimiento, potencialmente útil para el progreso en las razas evaluadas.

Diferencias esperadas de las progenes

Las diferencias esperadas de las progenes (DEP) constituyen una estimación de la diferencia genética, por encima o por debajo del promedio en su raza, que tendrá probablemente la progenie de un reproductor. Expresado de otra manera, las DEP indican lo que un productor puede esperar de los becerros de un toro en particular, comparado con los hijos de otro u otros toros dentro de una misma raza.

Estos valores de DEP, se calculan a partir de información obtenida de los padres del reproductor en cuestión, de la información propia del reproductor y de información proveniente de sus ancestros y progenie.

A efectos de ilustrar consideremos dos toros, A y B. El toro A posee un DEP

para peso al destete de +15 kg, el toro B un DEP para el mismo rasgo de +5 kg y el peso al destete del promedio es 190 kg. Utilizados ambos toros, el A y el B, sobre vacas de valor genético similar, se espera que los hijos del toro A pesen al destete 205 kg promedio y los hijos del toro B pesen 195 kg. La diferencia (205-195 = 10 kg), es la diferencia entre DEP de los dos toros.

No siempre los valores de DEP altamente positivos son los mejores y los valores negativos los peores. Los mejores valores de DEP son aquellos que se ajustan a los objetivos de selección y producción de carne establecidos por cada ganadero en particular. Nuevamente y a título de ejemplo, cuando el objetivo principal es producir becerros pesados al destete y hembras de reposición precoces, se deben usar toros con DEP negativos o levemente positivos para peso al nacer, positivos para el destete, circunferencia escrotal, aptitud materna y peso final. Pero siempre, cuidando el tamaño adulto del reproductor, acorde al planteo de producción elegido.

¿Qué es la confiabilidad y/o precisión?

La confiabilidad y/o precisión, es el valor que acompaña a cada diferencia esperada de la progenie (DEP), indica en qué medida el valor de DEP se va a cumplir y en qué medida se reflejará en la

progenie. Los valores de precisión oscilan entre 0 y 1, cuanto más cercano a 1 el valor es más confiable. La precisión aumenta a medida que se incrementa la información de la progenie, hijos, nietos y el número de unidades de producción donde se prueba al reproductor. Por el contrario, cuando el valor de la precisión es bajo, el margen de error o variación genética es mayor.

Desde un punto de vista práctico las DEP permiten elegir los mejores toros en un hato y su confiabilidad, ayuda a determinar si ese reproductor podría ser utilizado en forma masiva. Asimismo, indica la cantidad de información disponible al determinar el valor de la DEP. Un alto valor de precisión significa que existía mucha información para calcular la DEP y en consecuencia dicha DEP es más probable que sea un reflejo fiel del mérito genético del animal. Mientras que las DEP con baja precisión son indicación de que pueden estar sujetos a cambios (ya sea mayor o menor), a medida que se va incorporando información. Este es el factor de riesgo asociado con la baja precisión de la DEP.

Programa de apoyo a la inversión en equipamiento e infraestructura, con el componente ganadero.

El objetivo específico es incrementar la capitalización de las unidades económicas de los productores

pecuarios (Cuadro 4), a través del apoyo subsidiario a la inversión en bienes de capital para la producción primaria, que incluyen producción y procesamiento de forrajes, y la conservación y manejo de áreas de apacentamiento (SAGARPA 2016).

Se podrá apoyar la adquisición de sementales, semen y embriones para las distintas especies animales, hasta por un monto máximo de 50% del valor de referencia sin rebasar \$41530,00 (cuarenta y un mil quinientos treinta USD) por persona física o moral. Para productores ubicados en localidades de alta y muy alta marginación, el monto máximo podrá ser de hasta el 75% del valor de los bienes (SAGARPA 2014).

Los elementos técnicos en materia de ganadería para precisar las características técnicas y los valores de referencia de los conceptos de apoyo del componente ganadero se presentan en el Cuadro 4. El proveedor podrá entregar la prueba de paternidad por ADN a más tardar el día 30 de junio de 2014 para lograr los valores de referencia. Todos los bovinos que se comercialicen con paternidad por medio de ADN a partir del primero de julio de 2014 en los citados Programas, deberán cumplir con la totalidad de los requisitos establecidos por norma.

CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y LOS VALORES DE REFERENCIA DE LOS CONCEPTOS DE APOYO DEL COMPONENTE GANADERO.

Componente	Valor de Referencia (\$ USD)
Sementales	
Bovino con Registro Genealógico, Evaluación Genética y Paternidad con ADN	1606
Bovino con Registro Genealógico y Evaluación Genética	1550
Vientres a Primer Parto	
Bovino Lechero Gestante con Registro Genealógico, Evaluación Genética y Paternidad con ADN	111
Bovino Lechero Gestante con Registro Genealógico y Evaluación Genética	997
Bovino Lechero Gestante sin Registro (grade)	858
Bovino Cárnico o Doble Propósito Gestante con Registro Genealógico, Evaluación Genética y Paternidad con ADN	997
Bovino Cárnico o Doble Propósito Gestante con Registro Genealógico y Evaluación Genética	886
Bovino Cárnico o Doble Propósito Gestante sin Registro	609

Fuente: SAGARPA (2014).

Pruebas de paternidad con ADN

El primer paso en los programas de mejoramiento genético animal, es el establecimiento preciso de las relaciones de filiación a través de los estudios de ADN (Arellano-Vera *et al.* 2010, León-Velasco *et al.* 2013). Existen numerosas fallas dentro de las que se pueden mencionar: la inadecuada identificación de los animales en la base de datos, errores en la asignación de los registros productivos a cada uno de los animales, paternidades incorrectas, entre otras. Esto provoca que los programas de mejora genética y la valoración genética de un individuo para utilizarlo como reproductor se vuelvan deficientes.

La tecnología del ADN está plenamente probada, aunque comúnmente los recursos Federales que se destinan al análisis de ADN se están empleando en el extranjero. Hoy en día existen en México laboratorios completamente equipados y funcionales que pueden llevar a cabo estas pruebas con toda fiabilidad y eficacia.

Tradicionalmente, la identificación o asignación de paternidad en la industria pecuaria, se ha basado en el uso de sistemas de tipificación sanguínea. Actualmente, el uso de marcadores moleculares basados en microsatélites ha demostrado ser una

herramienta altamente específica para la identificación de individuos (Salazar *et al.* 2004, Arellano-Vera *et al.* 2010, León-Velasco *et al.* 2013).

La ausencia o identificación errónea de cualquiera de los individuos que forman una familia, resultó en la falta de asignación de paternidad de la población analizada. La paternidad incierta causó una marcada diferencia en el ordenamiento de los sementales al comparar las DEP en cada una de las razas, lo que muestra la necesidad de utilizar las pruebas de paternidad basadas en microsatélites, como un sistema de identificación que asegure el éxito de los programas de manejo y mejoramiento genético de los hatos con empadre múltiple (Sifuentes *et al.* 2006).

CONCLUSIONES

- Los valores productivos encontrados en la población de ganado Cebú están dentro de los rangos publicados en la literatura para este tipo de ganado.
- Similarmente, los valores genéticos estuvieron dentro de los rangos que se citan en la literatura, pero con variaciones importantes dentro de razas para una misma característica. Esto se pudiera remediar si la colecta de información es más precisa,

responsabilidad que le corresponde a los productores.

- Parte importante de los programas de mejoramiento es que se incluya toda la información del ganado de registro y comercial para evaluar los sementales. Su uso incrementará la información en las bases de datos y la confiabilidad de las estimaciones genéticas.
- Se deben establecer épocas de empadre para hacer grupos contemporáneos con mayor uniformidad y utilizar la inseminación artificial para contar con sementales de referencia.
- Las pruebas de paternidad a través de ADN, son confiables para la asignación de filiación, además de ser un requisito para participar en la comercialización de vientres y sementales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejo, D; Campero, CM; Faverín, C; Fernández-Sainz, I. 2000. Caracterización de partos y mortalidad perinatal asociado a genotipos en ganado de carne. *Veterinaria Argentina* 17(5):333-340.

- AMCC (Asociación Mexicana de Criadores de Cebú). 2016. Estatutos de la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (en línea). Consultado 01 abril 2016. Disponible <http://www.cebumexico.com/home/reglamentos/EstatutosAMCC.pdf>
- AMCC (Asociación Mexicana de Criadores de Cebú). 1996. Reglamento del Programa de Control de Desarrollo Ponderal. Primera Edición. Editorial Innova Multiplicare. México, D. F. p. 69.
- Arellano-Vera, W; Sifuentes-Rincón, AM; Garcidueñas-Piña, R; Parra-Bracamonte, GM. 2010. Importancia de la verificación-asignación de progenitores en sistemas extensivos de pie de cría. *Revista Científica FCV-LUZ* XX(1):53-60.
- Barbosa, ACB; Carneiro, PLS; Rezende, MPG; Ramos, IO; Martin-Filho, R; Malhado, CHM. 2017. Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodutivas em bovinos Nelore no Brasil. *Archivos de Zootecnia* 66(255):447-450.
- Bellows, RA; Genho, PC; Moore, SA; Chase Jr., CC. 1996. Factors affecting dystocia in Brahman-cross heifers in subtropical southeastern United States. *Journal of Animal Science* 74(7):1451-1456.
- BIF (Beef Improvement Federation, USA). 2002. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs. N. C. State University, Raleigh, N. C. USA. p. 88.
- Boldman, KG; Kriese, LA; Van Vleck, LD; Kachman, SD. 1993. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances (Draft). Agricultural Research Servis, USDA. p. 64.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 1998. Programa Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. p. 92.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 2000. Plan de Acción 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. p. 127.

- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 2010. Guía Técnica de Programas de Control de Producción y Mejoramiento Genético de Bovinos Productores de Carne. Monterrey, N. L. p. 68.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, MX). 2016. Evaluaciones genéticas en el ganado bovino de carne. (en línea). Consultado 01 abr. 2016. Disponible en <http://www.conargen.mx/>
- Gunski, RJ; Garnero del, VA; Borjas de los, RA; Becerra, FLA; Lôbo, RB. 2001. Estimativas de parámetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. *Ciência Rural* 31(4):603-607.
- Gurza, FN. 1998. Comportamiento del ganado Simbrah en el sistema de doble propósito en el trópico mexicano. Memoria. Cuarto Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería Bovina de Doble Propósito. SAGAR. Villahermosa, Tabasco, México. pp. 74-77.
- Koots, KR; Gibson, JP; Smith, C; Wilton, JW. 1994. Analysis of published genetic parameter estimates for beef production traits, 1. Heritability. *Animal Breeding Abstracts* 62(3):309-338.
- Kriese, LA; Bertrand, JK; Benyshek, LL. 1991. Genetic and environmental growth trait parameter estimates for Brahman and Brahman-derivative cattle. *Journal of Animal Science* 69(6):2362-2370.
- León-Velasco, H; Ruiz-Hernández, H; Ruiz-Moreno, A; León-Velasco, O. 2013. ADN: Pruebas de paternidad en sementales bovinos. *Que hacer Científico en Chiapas* 8(1):44-45.
- Lopes, FB; Santos, GCJ; Marques, EG; Silva, MC; Ferreira, JL. 2012. Genetic trends for characteristics related to the growth rate in Nelore cattle from Northern Brazil. *Revista Ciência Agronômica* 43(2):362-367.
- Magaña-Monforte, JG; Ríos-Arjona, G; Martínez-González, JC. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14(3):105-114.
- Maniatis, N; Pollot, GE. 2003. The impact of data structure on genetic (co)

- variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. *Journal of Animal Science* 81(1):101-108.
- Martínez, GJ. 1991. Estrategias de mejoramiento genético en el ganado productor de carne. *Mundo Ganadero* 3(1):13-15.
- Martínez, GJC. 2002. Sistemas de cruzamiento para ganado de carne en Tamaulipas. Memoria. Curso de Capacitación y Entrenamiento Técnico en Sistemas de Producción de Bovinos, Ovinos y Caprinos. DGDAFyP, UAT, Fundación Produce Tamaulipas, Consorcio Técnico del Noreste. 23 al 28 de septiembre de 2002. Cd. Victoria, Tamaulipas. pp. 203-213.
- Martínez, GJC. 2007. Animales cruzados y formación de razas sintéticas. Memorias. 1er Curso de Capacitación y Actualización para el Comité Técnico de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Suiz-bú de Registro A. C. Tampico, Tamaulipas, México. pp. 1-11.
- Martínez, GJC; García, FJE; Parra, GMB; Castillo, HJ; Cienfuegos, EGR. 2010. Genetic parameters for growth traits in Mexican Nellore cattle. *Tropical Animal Health and Production* 42(5):887-892.
- Martínez, JC; Castillo, SP. 1995. Factores ambientales y genéticos sobre el peso al año de edad de becerros Brahman en trópico seco. *Avances en Investigación Agropecuaria* 4(1):57-62.
- Martínez-González, JC; Castillo-Rodríguez, SP; Parra-Bracamonte, GM; Ortega-Rivas, E. 2014. Las evaluaciones genéticas y las nuevas reglas de operación en el programa de mejoramiento genético: caso razas Cebuinas. In Aké López, R; Chay Canul, AJ; Magaña Monforte, JG; Sandoval Castro, CA. Por una producción animal sustentable para el logro de la soberanía alimentaria y el combate a la pobreza. XLI Reunión de AMPA y VII Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México. pp. 78-85.
- Montaldo, VHH; Barria, PN. 1998. Mejoramiento genético de animales. *Ciencia al Día* 2(1):1-19.
- Parra, BGM; Martínez, GJC; Cienfuegos, REG; García, EFJ; Ortega, RE. 2007. Parámetros genéticos

- de variables de crecimiento de ganado Brahman de registro en México. *Revista Veterinaria México* 38(2):217-229.
- Pico, BA; Naser, FWC; van Wyk, JB. 2004. Genetic parameters for growth traits in south African Brahman cattle. *South African Journal of Animal Science* 34(Suppl 2):44-46.
- Pimenta, FEC; Martins, AG; Sarmiento, RJL; Ribeiro, MN; Martins Filho, R. 2001. Estimativas de herdabilidade de efeitos directo e materno de características de crecimiento de bovinos Guzerá, no estado de Paraíba. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30(4):1220-1223.
- Plasse, D; Arango, J; Fossi, H; Camaripano, L; Llamozas, G; Pierre, A. 2004. Genetic and non-genetic trends for calf weights in a *Bos indicus* herd upgraded to pedigree Brahman. *Livestock Research Rural Development* 16(7):1-18. (en línea). Consultado 06 abr 2016. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd16/7/plas16046.htm>
- Quintero, JC; Triana, JG; Quijano, JH; Arboleda, E. 2007. Influencia de la inclusión del efecto materno en la estimación de parámetros genéticos del peso al destete en un hato de ganado de carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(2):117-123.
- Rodríguez, FA. 1997. Estrategias para el establecimiento de programas de evaluación genética del ganado bovino para carne. Memoria. Primer Foro de Análisis de los Recursos Genéticos de la Ganadería Bovina. SAGAR. México, D. F., México. pp. 49-69.
- Rouse, JE. 1977. The Criollo: Spanish cattle in the Americas. University of Oklahoma Press, Norman. USA.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX). 2014. Reglas de Operación del Programa de Fomento Ganadero (en línea). Consultado 15 abr 2014. Disponible en http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/2014_Programa_de_Fomento_Ganadero/Reglas_de_Operación_del_Programa_de_Fomento_Ganadero_2014.pdf
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX). 2016.

- Reglas de Operación del Programa de Fomento Ganadero (en línea). Consultado 6 abr. 2016. Disponible en <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44530/Reglas-Operacion-2016-sagarpa.pdf>.
- Salazar, MEL; González, PM; del Bosque, GA; Reséndez, PD; Barrera-Saldaña, HA; Sifuentes-Rincón, AM. 2004. Evaluación de microsatélites para la verificación de paternidad de las razas Beefmaster y Charolais en el noreste de México. *Técnica Pecuaria en México* 42(3):429-435.
- Salces, J; Bondoc, OL; Lambio, AL; Supandgco, EP; Laude, RP; Perilla, MV. 2002. Variance component estimation of production traits of Brahman (*Bos indicus*, Linn.) raised in The Phillipines. *Proceedings of 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Aug 19-23. Montpellier, France. Communication N° 02:69.
- Sifuentes, RAM; Parra, BGM; de la Rosa, RXF; Sánchez, VA; Serrano, MF; Rosales, AJ. 2006. Importancia de las pruebas de paternidad basadas en microsatélites para la evaluación genética de ganado de carne en empadre múltiple. *Técnica Pecuaria en México* 44(3):389-398.
- Thompson, VA; Barioni, LG; Rumsey, TR; Fadel, JG; Sainz, RD. 2014. The development of a dynamic, mechanistic, thermal balance model for *Bos indicus* and *Bos taurus*. *Journal of Agricultural Science* 152(3):464-482.
- Van Vleck, LD; Nuñez-Domínguez, R. 1992. Evaluación genética de toros y vacas lecheras con el modelo animal. *Agrociencia. Serie Ciencia Animal* 2(1):33-57.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú las facilidades prestadas y la información con la cual se derivó parte de este trabajo.

DESARROLLO DE TERNEROS F_1 Y 3R EN UN SISTEMA LECHERO INTENSIVO DEL TRÓPICO HÚMEDO, GUALACA-PANAMÁ¹

**Alexis Iglesias²; Pedro Guerra-Martínez³; Ricaurte Alcides Quiel-Batista⁴;
Raúl Herminio De León-García⁵; Olegario Ibarra-Guerra⁶**

RESUMEN

Debido a la creciente variabilidad climática en el trópico, se requiere desarrollar un animal doble propósito con mayor potencial genético y que se adapte a las condiciones ambientales existentes y futuras. El objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo de terneros F_1 y 3R en un sistema lechero Doble propósito. Se utilizaron 60 vacas Brahman (BR) de la Estación Experimental de Gualaca. Para producir F_1 se cruzaron Girolando x Brahman (F_1 GOBR), Gyr-Lechero x Brahman (F_1 GLBR), Holstein x Brahman (F_1 HOBR) y Pardo-Suizo x Brahman (F_1 PSBR). Para producir 3R se cruzaron F_1 GLBR y F_1 PSBR con Holstein y F_1 GOBR y F_1 HOBR con Pardo-Suizo. Los datos se analizaron mediante la estadística descriptiva. En F_1 las raza sintéticas tuvieron en promedio ponderados de 34,3 kg al nacer, donde el F_1 GOBR fue 3,6% superior al F_1 GLBR, mientras, que la raza lechera F_1 HOBR fue superior al F_1 PSBR en 6% y 11% al nacer y 60 días respectivamente; a los 240 días el F_1 HOBR fue superior en 24%. En cruces 3R, el peso promedio al nacer fue 37,4 kg, superior en 10% a los F_1 . Mientras que los más pesados a los 60 y 240 días fueron los 3RPSHO con 81,4 y 143,9 kg, respectivamente. En aspectos reproductivo el peso de empadre (300 kg), se logró a los 20,8 y 18 meses en las novillas de dos y tres cruces; y la edad al primer parto a los 33 y 27 meses, respectivamente; reduciéndose este indicador en 35% con respecto al promedio nacional.

PALABRAS CLAVES: *Bos taurus*, *Bos indicus*, comportamiento genético, cruzamientos, doble propósito.

¹Recepción:13 de septiembre de 2017. Aceptación:27 de noviembre de 2017.

²Ing. Agr. Zootecnista. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: alexis_043@yahoo.es

³M.Sc. en Mejoramiento Animal. IDIAP. CIAOc. e-mail: pedroguerram16@gmail.com

⁴M.Sc. en Manejo de Recurso Naturales. IDIAP. CIAOc. e-mail: ricaurtequielb@hotmail.com

⁵Ing. Agr. Zootecnista. IDIAP. CIAOc. e-mail: raulherminio@gmail.com

⁶Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: oibarra21@hotmail.com

F₁ AND 3R CALVES DEVELOPMENT IN AN INTENSIVE DAIRY SYSTEM OF THE HUMID TROPIC, GUALACA-PANAMA

ABSTRACT

Due to the growing climatic variability in the tropics, it is necessary to develop a double purpose animal with greater genetic potential and that adapts to existing and future environmental conditions. The objective of the work was to evaluate the development of F₁ and 3R cattle CALVES in a dual purpose dairy system. Sixty Brahman cows (BR) from the Experimental Station of Gualaca (IDIAP) were used. To produce F₁, Girolando x Brahman (F₁GOBR), Gyr-Dairy x Brahman (F₁GDBR), Holstein x Brahman (F₁HOBR) and Brown Swiss x Brahman (F₁BSBR) were crossed. To produce 3R, F₁GDBR and F₁BSBR were crossed with Holstein and F₁GOBR and F₁HOBR with Brown Swiss. The data was analyzed by descriptive statistics. In F₁, the synthetic breed had a average birth weight of 34,3 kg, where the F₁GOBR was 3,6% higher than the F₁GDBR, while the F₁HOBR dairy breed was superior to the F₁BSBR in 6 and 11% at birth and 60 days respectively; at 240 days the F₁HOBR was superior by 24%. In 3R crosses, the average birth weight was 37,4 kg, which is 10% higher than the F₁. While the heaviest at 60 and 240 days were the 3RPSHO with 81,4 and 143,9 kg, respectively. The reproductive aspects of the weight of breeding (300 kg), was achieved at 20,8 and 18,0 months in the heifers of two and three breeds, and the age at first calving at 33 and 27 months, respectively; this indicator is reduced by 35% with respect to the national average.

KEY WORDS: *Bos taurus*, *Bos indicus*, genetic behavior, crossbreeding, double purpose.

INTRODUCCIÓN

Panamá con una población de 4 millones 340 mil habitantes, Expansión/ Datosmacros.com (2016); presenta una demanda aparente de leche de 374 millones de litros, siendo la producción actual de 193 millones litros (52%), existiendo un déficit de 181 millones de litros (Fermín 2016). La lechería doble propósito se caracteriza por desarrollarse en fincas pequeñas con mano de obra familiar, siendo la principal fuente de

ingreso sostenido por la familia rural. Dentro de este contexto, la leche ha provisto los fondos familiares para la economía familiar, contribuyendo al desarrollo de otros sectores de la economía (comercio, banca, transporte y otros). La producción nacional está compuesta por un total de 6520 productores de leche, donde el 95% son sistema de producción doble propósito, las cuales producen el 97% de la producción nacional, con el ordeño de animales cruzados *Bos taurus*

lechero x *Bos indicus* en proporciones de 25% a 75%. La alimentación está basada principalmente, en pasturas naturalizadas no fertilizada con pocas divisiones y bajo uso de insumos. Se practica un ordeño manual al día con ternero al pie y existe una alta variación en los niveles tecnológicos y productivos (MIDA 2017). Sin embargo; entre una de las mayores limitantes del sistema Doble Propósito es el bajo potencial genético de los animales y sistemas de alimentación cónsonos con la demanda del genotipo. El bajo potencial genético se debe a los cruzamientos que en forma desordenada se han realizado entre razas cebuinas y europeas lecheras dando como resultado genotipos indefinidos que se refleja en los bajos índices zootécnicos (Guerra M. *et al.* 2010). Las explotaciones lecheras, ante las nuevas reglas y el escenario del mercado internacional, requieren realizar cambios en las estructuras productivas en este importante rubro para mejorar los niveles de producción, productividad y competitividad (MIDA 2017). Los cruzamientos como herramienta de mejoramiento genético han sido usados extensamente por la posibilidad que ofrecen de combinar y complementar características de importancia económica. Por otra parte, Trung *et al.* (1986) reporta que en los sistemas de producción donde los factores de estrés actúan de manera desfavorable para el uso de razas de alta

producción de leche, es preferible el uso de razas mestizas de *Bos taurus* x *Bos indicus*; las cuales son las adecuadas para la explotación en las zonas tropicales. Guerra M. *et al.* (2004), indican que el uso de razas genéticamente adaptadas o cruces entre razas *Bos taurus* lechero con *Bos indicus* son útiles en áreas donde hay escasez de alimento de alta calidad o donde factores ambientales hacen que la utilización de razas europeas sean imprácticas. Hansen (2006), reporta que en cruces de Holstein con Montbeliarde, Normando y Rojo Sueco dan como resultado menos terneros muertos al nacer y también disminuye las dificultades en el parto; así como mejoran la fertilidad y la supervivencia. Los sistemas de cruzamiento con ganado lechero deben usar tres razas para capitalizar adecuadamente los beneficios que brinda de un 86% de Heterosis retenida (Guerra M. *et al.* 2010).

El cruzamiento rotativo de dos, tres o cuatro razas es una valiosa herramienta del mejoramiento genético, para generar el 86% de Heterosis (vigor híbrido) y mejorar la adaptabilidad de los animales a determinado ecosistema (Andersen 2012). Debido a la creciente variabilidad climática en el trópico, se requiere desarrollar un animal doble propósito con mayor potencial genético y que se adapte a condiciones ambientales existente.

Para ello es importante seleccionar razas bovinas *Bos taurus* lecheras (Holstein, Pardo Suizo, Normando y Montbeliarde) que una vez cruzadas con el *Bos indicus* (Gyr Lechero) y una raza sintética lechera (Girolando) puedan comportarse biológicamente con eficiencia bajo condiciones de estrés calórico.

El objetivo del trabajo fue evaluar el desarrollo de bovinos F_1 y 3R en un sistema lechero intensivo del trópico húmedo de Gualaca, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realiza en la Estación Experimental de Gualaca “Carlos Manuel Ortega” (EEG-CMO) del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), localizada a 100 msnm.

Datos agro-climáticos y suelo

De acuerdo a la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA 2017) se cuenta con una precipitación promedio anual de 4500 mm y una temperatura anual de 25,5° C y con un brillo solar histórico de 164,4 h. El suelo es del orden inceptisol de textura franco arcilloso arenoso con pH 4,6, contenido medio de materia orgánica (3,7%), bajo en fósforo (1,6 mg/kg), medio en potasio (0,13 cmol/kg) y bajo en calcio y magnesio (0,28 cmol/kg y 0,07 cmol/kg), respectivamente. De acuerdo a la

clasificación de Holdrige (1979), la EEG-CMO está ubicada en un bosque húmedo tropical (bh-t).

Animales experimentales

Para la evaluación se utilizaron 60 hembras Brahman del hato de ganado existente en la EEG-CMO, los cuales fueron divididos en cuatro grupos de 15 animales cada uno.

Alimentación de animales

Los animales pastorean rotacionalmente en praderas con *Brachiaria decumbens* fertilizadas con 80, 40 y 20 de N, P_2O_5 , K_2O /ha/año. Siendo el fósforo y potasio aplicado al inicio de la época lluviosa, por otra parte, la urea se aplicó fraccionadamente con siete aplicaciones anuales. El sistema de rotación fue de tres a siete días de pastoreo por 21 de descanso.

Suplementación

Para cubrir los requerimientos nutricionales de las novillas con edad de 15 meses y peso promedio de 191 kg, adicionalmente al pasto se le suministro un suplemento proteico con 42% de proteína cruda a razón de 0,454 kg/animal/día (NRC 1978). Al suplemento se le añadió 0,056 kg/animal/día de una mezcla mineral con 12% de calcio, 8% de fósforo y micro minerales.

Esquemas de cruzamiento

Los esquemas de cruzamiento para la evaluación de sus productos fueron los siguientes:

- a.- Producción de F_1 (50% Raza lechera + 50% Brahman).
- b.- Producción de 3R (50% Raza Lechera A + 50% F_1)

Criterio de selección de las razas

Las razas utilizadas fueron seleccionadas en base a criterios de adaptabilidad, rusticidad, resistencia longevidad, precocidad, producción, calidad de leche y fertilidad. El ganado Brahman es la base principal para la realización de los esquemas de cruzamiento con razas especializadas en producción de leche como la Holstein y Pardo Suizo; o con razas doble propósito como la Normando y Montbeliarde, que se caracterizan por su alta producción, calidad de leche y facilidades de adaptación a las condiciones ambientales las cuales son complementadas por las raza Girolando, que es una raza sintética y la Gyr Lechera que son de buena producción de leche a nivel del trópico.

- a.- La producción de animales F_1 siguió el siguiente esquema:

- a.1. GyrLechero (GL) x Brahman (BR)
= 50% GL + 50% BR (F_1 GLBR)
- a.2. Girolando (GO) x Brahman (BR)
= 50% GO + 50% BR (F_1 GOBR)
- a.3. Holstein (HO) x Brahman (BR)

$$= 50\% \text{ HO} + 50\% \text{ BR } (F_1\text{HOBR})$$

- a.4. Pardo Suizo (PS) x Brahman (BR)

$$= 50\% \text{ PS} + 50\% \text{ BR } (F_1\text{PSBR})$$

- b.- Producción de 3R (50% Raza Lechera A + F_1).

El F_1 se utiliza para mantener la secuencia que permite mantener la complementariedad y adaptabilidad en el cruzamiento alterno de tres razas.

La producción de animales 3R siguió el siguiente esquema:

- b.1. HO x F_1 (F_1 GLBR) = 3RHOGLBR
- b.2. HO x F_1 (F_1 PSBR) = 3RHOPSBR
- b.3. PS x F_1 (F_1 GOBR) = 3RPSGOBR
- b.4. PS x F_1 (F_1 HOBR) = 3RPSHOBR

Manejo reproductivo y alimenticio del animal

La reproducción de las novillas se realizó mediante la inseminación artificial a celo observado, con semen importado de las razas en mención. Al momento del parto los terneros fueron separados de sus madres a las 24 horas de nacidos y manejados en un sistema de crianza artificial de ternero desarrollado por IDIAP (Saldaña 1997), donde el mismo se divide en cuatro etapas (Cuadro 1). En la primera etapa (Figura 1), el ternero se alimentó con calostro los primeros cinco días (10% PV), luego es alimentado con sustituto lácteo a razón de 4 L/animal/día y concentrado iniciador (16% PC) donde el consumo promedio es 1 kg/animal/día. En la segunda etapa, el ternero es

alimentado con concentrado iniciador y agua, donde el consumo promedio es 2 kg/animal/día. En la tercera etapa, el ternero pastorea rotacionalmente en *Digitaria swazilandensis* con el suministro de concentrado (12% PC), donde el consumo promedio es 2,5 kg/animal/día; mientras, que en la cuarta etapa, el animal pastorea rotacionalmente en pasto mejorado *Brachiaria decumbens* con una suplementación proteica (42%) a razón de 0,454 kg/animal/día.

Variables de respuesta

En los terneros las variables de repuesta fueron peso al nacimiento (PN), peso a los 60 y 240 días; mientras que en las novillas las variables estudiadas fueron consumo de suplementos energéticos proteicos (CSEP) y la ganancia diaria de peso (GDP) obtenido a través de pesos efectuados cada 30 días; edad y peso de empadre (PE), edad al primer servicio (EPS), edad a la concepción (EC) y edad al primer parto (EPP). Los datos se analizaron mediante la estadística descriptiva.

CUADRO 1. MANEJO Y ALIMENTACIÓN DE TERNERO EN SISTEMA DE CRIANZA ARTIFICIAL.

Etapa	Período (días)	Calostro	Sustituto lácteo	Concentrado	Pastoreo
1	1 a 5	4 L	0	0	0
2	6 a 60	0	4 L	a voluntad	0
3	61 a 90	0	0	a voluntad	0
4	91 a 240	0	0	2,5 kg	continuo



Figura 1. Ternera F₁PSBR en cría artificial (1 a 60 días).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso al nacer de los terneros, es un factor de suma importancia en el mejoramiento de la producción de los bovinos (Bodisco y Cevallos 1971); además, el primer valor de crecimiento posible de medir (Sandoval *et al.* 2005). Los resultados preliminares del presente estudio (Cuadro 2), indican que los terneros doble propósito producto del cruzamiento de dos razas (F_1), tienen un peso promedio al nacer similar (33,4 kg en promedio) y superiores a los 30,5 kg, reportados por Sandoval *et al.* (2005). El comportamiento en la ganancia diaria de peso (0,308 kg/animal/día) hasta los 60 días, fue más bajos que los 0,461 kg/animal/día reportado por Saldaña (1997). Por otra parte, el peso promedio de 107,2 kg/animal/día en los terneros hasta los 240 días, son similares a los 110 kg/animal/día reportados a nivel nacional por el MIDA (2017), pero inferiores a los 162 kg/animal/día reportados por Chirinos *et al.* (1997). La ganancia promedio de peso por día fue 0,308 kg/animal/día, donde los terneros de la raza *Bos indicus* lechera (F_1 GLBR) son los de mayor ganancia con 0,426 kg/

animal/día, superando a los terneros de la raza sintética *Bos taurus* x *Bos indicus* (F_1 GOBR) con peso de 0,285 kg/animal/día y los de razas especializadas en producción de leche F_1 HOBR y F_1 PSBR con 0,348 y 0,225 kg/animal/día, respectivamente.

Los terneros doble propósito producto del cruzamiento de tres razas o 3R (Cuadro 3), presentan un incremento sobre los terneros producto del cruzamiento de dos razas del 13%, 23% y 36% en el peso vivo al nacer, 60 y 240 días, respectivamente. Estos incrementos son productos de la heterosis y complementariedad de las razas. Los terneros de 3R producto del cruzamiento con razas sintéticas y *Bos indicus* lecheras fueron similares en el peso al nacer con 37 kg/animal; sin embargo, el peso a los 60 días del 3RHOGGLBR es 74,6 kg/animal superior a los 64,7 kg que pesaron los 3RPSGOBR. El peso del 3RPSGOBR a los 240 días fue 135 kg/animal, superior a los 122,5 kg/animal logrados por 3RHOGGLBR.

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO DE TERNEROS F_1 .

Raza Materna	Raza Paterna	Cruce	N°	PV Nac (kg)	PV 60d (kg)	PV 240d (kg)	Ganancia de peso (kg/animal/día)
BR	GL	F_1 GLBR	7	33,6	61,7	135,9	0,426
BR	GO	F_1 GOBR	10	34,8	50,8	103,2	0,285
BR	HO	F_1 HOBR	18	32,2	54,2	115,6	0,348
BR	PS	F_1 PSBR	16	33,9	61,2	87,8	0,225
$\bar{X}$ ponderado				33,4	56,8	107,2	0,308

PV=Peso vivo, BR=Brahman, GL=Gyr lechero HO=Holstein, PS=Pardo suizo, GO=Girlando.

En el aspecto reproductivo de los animales, obtenidos en el sistema de cruzamiento entre dos y tres razas (Cuadro 4), los resultados preliminares indican una tendencia que el peso de empadre o EPE (300 kg de peso vivo) se alcanza en un rango de 21,2 a 23,9 meses en el cruzamiento F_1 (Figura 2); mientras que en 3R se alcanza en el rango de 17,4 a 19,3 meses; las cuales son inferiores a los 30 meses reportan otros investigadores (Hertentains 1997) y a los 24 a 26 meses sugeridos por González (1995). La edad al primer parto (EPP) en promedio ponderado es 29,3 meses, donde las hembras producto del cruzamiento *Bos indicus* lechero (F_1 GLBR) tienen EPP menor con 27,3 meses, a las F_1 PSBR y F_1 HOBR con 29,6 y 33,5 meses, respectivamente.

Estos resultados preliminares indica una tendencia en reducirla EPP en 35% con respecto al promedio nacional (MIDA 2007) lo que permite la obtención de una cría y una lactancia adicional (Figura 3).

Los resultados preliminares, indican que la implementación de los esquemas de cruzamiento con dos (F_1) y tres razas (3R) son una alternativa viable para el mejoramiento genéticos de los animales de las explotaciones ganaderas de doble propósito intensivo, por lo cual sugerimos la necesidad de continuar con el desarrollo de esta investigación dada las tendencias en los resultados exitosos que hasta la fecha se han obtenido, en la Estación Experimental de Gualaca, Chiriquí.

CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO DE TERNEROS 3R.

Esquema	Cruce	Nº	PV Nac (kg)	PV 60 d (kg)	PV 240 d (kg)	Ganancia de peso (kg/animal/día)
1	3HOGLBR	4	37,0	74,6	122,5	0,381
1	3PSGOBR	10	37,2	64,7	135,0	0,408
2	3PSHOBR	3	38,6	81,4	143,9	0,438
	$\bar{x}$ ponderado		37,4	70,0	133,4	0,407

CUADRO 4. ÍNDICES REPRODUCTIVOS EN NOVILLAS DOBLE PROPÓSITO DE DOS SISTEMAS DE CRUZAMIENTOS DE TRES RAZAS.

Esquema	Cruzamiento	Nº	EPE (meses)	EPS (meses)	EC (meses)	EPP (meses)
1	GL4BR4	1	16,4	18,2	20,2	27,3
1	HO4BR4	1	23,9	24,6	24,6	30,3
1	PS4BR4	3	21,2	22,3	22,3	29,6
2	3RHOGLBR	1	19,3	19,3	19,3	--
2	3RPSGOBR	2	17,4	19,6	19,6	--

EPE=Edad peso de empadre (300 kg). EPS=Edad primer servicio. EC=Edad a la concepción. EPP=Edad al primer parto.



Figura 2. Novilla F₁GLHO apta para la reproducción.



Figura 3. Vaca F₁GLBR con EPP de 31,5 meses con ternera 3R HOGLBR.

BIBLIOGRAFÍA

Andresen S, H. 2012. Alternativas genéticas para la ganadería lechera intensiva. Capítulo 1.3. Blog personal (en línea). Consultado 24 oct. 2017. Disponible en <https://andresen.perulactea.com/2008/08/05/capitulo-1-3º-parte-alternativas-geneticas-para-la-ganaderia-lechera-intensiva/>

Bodisco, V; Cevallos, E. 1971. Peso al Nacer de becerros Pardo Suizo, Sección Zootecnia, Centro de

Investigación Agronómica (en línea). *Agronomía Tropical* 21(3):159-170. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/revista_/agronomica%20tropical/at2103/arti/bodisco_v.htm.

Chirinos, Z; Rincón, DE; Madrid-Bury, N; González-Stagnaro, C. 1997. Crecimiento predestete de becerros mestizos *Bos taurus* x *Bos indicus*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(Supl. 1):497-499. Consultado 23 oct.

2017. Disponible en [https://www.google.com/search?q=Chirinos,+Z.,+Rinc%C3%B3n,+DE.,+Madrid-Bury,+N.,+Gonz%C3%A1lez-Stagnaro,+C.+1997.+Crecimiento+predes+tete+de+becerros+mestizos+Bos+taurus+x+Bos+indicus.+Arch.+Latinoam.+Prod.+Anim.+5\(Supl.+1\):+497-499&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwjK2JDV5-nXAhVKvBoKHZJuAcEQBQgiKAA&biw=1366&bih=662](https://www.google.com/search?q=Chirinos,+Z.,+Rinc%C3%B3n,+DE.,+Madrid-Bury,+N.,+Gonz%C3%A1lez-Stagnaro,+C.+1997.+Crecimiento+predes+tete+de+becerros+mestizos+Bos+taurus+x+Bos+indicus.+Arch.+Latinoam.+Prod.+Anim.+5(Supl.+1):+497-499&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwjK2JDV5-nXAhVKvBoKHZJuAcEQBQgiKAA&biw=1366&bih=662)
- ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica S.A., PA) 2017. Datos climatológicos históricos – Hidrometeorología de ETESA. Disponible en https://www.google.com/search?biw=1366&bih=662&ei=xH4hWuaGFoGEmQGU_rzYDg&q=etesa+precipitacion%2C+temperatura+y+brillo+solar+de+panama&oq=etesa+precipitacion%2C+temperatura+y+brillo+solar+de+panama&gs_l=psy-ab.12...14635.41068.0.43914.70.67.1.1.1.0.532.10642.0j39j12j2j0j1.54.0....0...1c.1.64.psy-ab...23.35.6372...0j38j0i10i67k1j0i22i30k1j0i13i30k1j33i160k1j33i21k1.0.sKiX5_z2m4I
- Expansión/Datosmacros.com 2016. La población en Panamá aumenta (en línea). Consultado 23 oct. 2017. Disponible en <https://datosmacros.com/demografía/población/panamá>.
- Fermín, EM. 2016. Déficit de 100 millones de litros de leche al año. La Prensa/Economía, Panamá (en línea). Consultado 23 oct. 2017. Disponible en http://impresa.prensa.com/economia/Deficit-millones-litros-leche-ano_0_4508549127.html
- Guerra M, P; De Gracia, MS; Quiel B, RA; De Gracia V, RA; Del Cid, I. 2004. Tolerancia térmica de animales cebú y sus cruces en el sistema de ceba en pastoreo, en el bosque húmedo tropical. Gualaca, Panamá. Ciencia Agropecuaria no. 17:75-106.
- Guerra M, P; Bernal R, JL; González M, RA; Caballero C, S. 2010. Métodos sencillos de cruzamiento interracial para pequeñas y medianas del sistema vaca-ternero y doble propósito bovino en Panamá. Boletín Técnico. IDIAP, PA. 9 p.
- González, SC. 1995. Manejo reproductivo en las novillas mestizas de reemplazo. *In* Manejo de la Ganadería de doble propósito. Madrid-Burg N y Soto Beloso (eds). Ediciones Astro Data, Maracaibo, VE. 487-521 p.
- Hansen, L. 2006. La vaca lechera del futuro. *In* V Seminario Internacional. Competitividad en carne y leche (en línea). Plaza mayor, Medellín.

- Consultado 24 oct. 2017. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2596/1/T-ESPE-IASA%20I-004200.pdf>.
- Hertentains, L. 1997. Recomendaciones prácticas para el desarrollo de hembras de reemplazo. *In* Programa de Actualización de Especialistas IDIAP - MIDA. Panamá, Divisa, del 17-21 de febrero, 1997. p. 65 -70.
- Holdridge, LR. 1979. Ecología basada en zonas de vida, 1ª Re-impresión. Trad. H. Jiménez Saa. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editora de la Serie: Matilde de la Cruz M. Editorial IICA. San José, CR. 216 p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2017. Plan estratégico para el desarrollo del sub sector lechero 2007-2013. Presentación del MIDA. Tabla de contenido. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en <http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/plan-nacional-de-leche%5B1%5D.pdf>.
- NRC (National Research Council). 1978. Nutrient requirements of domestic animals N° 4. Nutrient requirements of beef cattle. 5thRev.Ed. National Academy of Sciences-NRC. Washington, D.C. USA. 92 p.
- Saldaña, C. 1997. Tecnología para el mejoramiento de los sistemas de crianza de terneros. *In* Programa de Actualización a Especialista IDIAP-MIDA, Divisa, 17 al 21 de febrero p. 71-80.
- Sandoval,ES;Valle,A;Jimenez,D;Marquez, O. 2005. Evaluación de pesos al nacer y crecimiento en becerros doble propósito amamantados con vacas nodrizas durante la etapa de lactantes (en línea). Zootecnia Tropical v23, n1. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vLxBfkFPVJ8J:www.scielo.org.ve/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS0798-72692005000100001+&cd=5&hl=es&ct=clnk.
- Trung, VV; Campos, RD; Momdragon, VI; Villarreal, MYP. 1986. Algunos factores ambientales que afectan el crecimiento hasta el destete de animales Gyr en la región de la huasteca potosina (en línea). Consultado 24 oct. 2017. Disponible en <file:///C:/Users/meduca/Downloads/5.pdf>

BIOINDICADORES DULCEACUICOLAS EN FUENTES DE AGUA CON VEGETACIÓN RIPARIA AL RÍO LA VILLA, 2015 ¹

Sugey Y. Bustamante R²; David Urriola³; Luis C. Díaz⁴; Gladys Pimentel⁵

RESUMEN

Este estudio se realizó en la parte media de la cuenca del río La Villa que tiene una superficie de 1295,45 km² con actividades económica, agropecuaria e industrial, afectando la vegetación riparia y calidad de agua del río. El estudio contempló el monitoreo de macro invertebrados bentónicos (marzo a mayo, 2015) en dos fincas ubicadas en Calabacito y Las Lomas, con vegetación riparia al río la villa. Los resultados obtenidos en la finca Calabacito, indican mayor dominancia del orden Ephemeroptera (39,4%), Trichoptera (21%) y Odonata (9,84%). En contraste, la finca de Las Lomas, predominó el orden Ephemeroptera (30%), Odonata (16%), Coleóptera (15%) y Trichoptera (13%). En la finca Calabacito, se muestra un índice de riqueza (BMWP), promedio de 132, donde resultaron aguas de excelente calidad, tanto para la parte inicial, media y final, con 164, 102 y 131, respectivamente. La finca en Las Lomas obtuvo una puntuación total de 128, clasificada clase I: aguas de excelente calidad. El orden de mayor dominancia, Decapoda, con la familia Palaemonidae. Se concluye que la actividad ganadera que se desarrolla en ambas fincas, no afecta la calidad de las aguas y la vegetación riparia sirve como filtro ante la entrada de sedimento y otras posibles sustancias contaminantes al cauce del río. La utilización de monitoreo de macro invertebrados dulceacuícolas, es un método que ofrece información precisa a bajo costo.

PALABRAS CLAVES: Cuenca hidrográfica, calidad de agua, macroinvertebrados bentónicos, fincas ganaderas.

¹Recepción: 9 de junio de 2017. Aceptación: 27 de noviembre de 2017.

²M.Sc. en Manejo y Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA). e-mail: sugbust29@hotmail.com

³M.Sc. en Sistemas Agroforestales. IDIAP. CIAA. e-mail: urriolaescudero4@hotmail.com

⁴Agr. IDIAP. CIAA. e-mail: luiscdiaz17@hotmail.com

⁵Estudiante de tesis. Universidad Santa María La Antigua. e-mail: ilmararoblesdebatista@hotmail.com

FRESHWATER BIOINDICATORS IN WATER SOURCES WITH RIPARIAN VEGETATION TO THE LA VILLA RIVER, 2015

ABSTRACT

The study was carried out in the middle part of the La Villa river basin, which has an area of 1295,45 km² with economic, agricultural and industrial activities, affecting the riparian vegetation and water quality of the river. The study contemplated the monitoring of benthic macro invertebrates (March to May, 2015) in two farms located in Calabacito and Las Lomas, with riparian vegetation to the river La Villa. The results obtained in the Calabacito farm indicate greater dominance of the order Ephemeroptera (39,4%), Trichoptera (21%) and Odonata (9,84%). In contrast, on the Las Lomas farm, the order Ephemeroptera (30%), Odonata (16%), Coleoptera (15%) and Trichoptera (13%) predominated. In the Calabacito farm, an index of biological monitoring working party (BMWP), average 132, which resulted in excellent quality waters, for the initial, middle and final part, with 164, 102 and 131, respectively. The farm in Las Lomas obtained a total score of 128, classified class I: waters of excellent quality. The order of greatest dominance was Decapoda, with the Palaemonidae family. It is concluded that the livestock activity that develops in both farms, does not affect the quality of the waters and the riparian vegetation serves as a filter before the entrance of sediment and other possible contaminants into the riverbed. The use of freshwater macro invertebrate monitoring is a method that provides accurate information at low cost.

KEY WORDS: Hydrographic basin, water quality, benthic macroinvertebrates, cattle farms.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los ecosistemas loticos han sufrido grandes impactos causados por las actividades humanas, que han llevado a una reducción sustancial de la biota acuática o incluso su desaparición (Lara *et al.* 2008). Una de las principales perturbaciones antrópicas sobre los ecosistemas dulceacuícolas es la contención y regulación de los cursos de agua, entre ellas la construcción de represas, las cuales ocasionan

cambios en la magnitud de los caudales, en la periodicidad de las variaciones de los mismos (Hurtado *et al.* 2005). Estas variaciones afectan también la composición, riqueza y abundancia de la biota acuática y consecuentemente pueden provocar el desequilibrio del ecosistema (Hurtado *et al.* 2005). Actualmente, las comunidades biológicas de los macroinvertebrados acuáticos, han sido destacadas como indicadoras de la salud de los ecosistemas, ya que

su presencia refleja las condiciones que prevalecen en el ambiente donde viven (Roldán 1999), como las condiciones físicas, químicas y bióticas, además de las diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales (Barbour *et al.* 1999). Algunos de dichos bioindicadores utilizados en la historia han sido, las algas, los protozoos, las bacterias, los peces, las macrófitas, los hongos y los macroinvertebrados acuáticos (Roldán 2003).

La cuenca hidrográfica del río La Villa posee una superficie total de 1295,45 km², alberga actividad económica, agrícola, pecuaria e industrial. Este estudio se suscribe a la parte media de la cuenca del río La Villa donde predomina la actividad ganadera, la construcción de represas, entre otras actividades.

En los últimos años, los macroinvertebrados acuáticos han ganado protagonismo como indicadores biológicos de la calidad del agua, funcionando como una importante herramienta para monitoreo de los recursos hídricos (Hurtado *et al.* 2005, González y García 1995, Rosenberg y Resh 1993).

Esto se debe a que tales organismos responden rápidamente a variaciones ambientales y son fundamentales para el entendimiento de la estructura trófica

y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Lampert y Sommer 2007).

Dado el papel fundamental que desempeñan los macroinvertebrados en los sistemas dulceacuícolas, este estudio tuvo como objetivo determinar la calidad de agua utilizando el índice Biológico del grupo de trabajo de vigilancia, conocido en inglés como Biological Monitoring Working Party (BMWP), en las dos fincas con vegetación riparia, parte media del río La Villa, en Calabacito y Las Lomas ubicadas en Los Pozos, provincia de Herrera. Este índice biológico debido a su versatilidad es muy útil para la gestión de la calidad del agua; una vez sea adaptado y modificado para determinado cuerpo de agua lotico ya que permite una evaluación riparia y acertada, esto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macroinvertebrados acuáticos.

La interpretación del BMWP modificado y adaptado para determinado cuerpo de agua es clara y sencilla. El índice particularmente no está sesgado por el gradiente altitudinal debido a que se produce la evaluación según el patrón de ponderaciones de sensibilidad de los grupos poblacionales característicos en diferentes zonas de vida y no en la composición de la estructura de las comunidades (Roldán 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en fincas ganaderas, con vegetación riparia, en las localidades de Calabacito y Las Lomas de Los Pozos, corregimientos ubicados en la parte media de la Cuenca Hidrográfica del río La Villa (N° 126), priorizada por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), dentro de las 52 cuencas más importantes de Panamá y de la cual existe un plan de ordenamiento Territorial Ambiental realizado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (PRONAT- ANAM-CATIE 2008).

La cuenca media del río La Villa, geográficamente se encuentra ubicada en la península de Azuero entre las provincias de Herrera y Los Santos, con las coordenadas 7° 30' y 8° 00' de latitud Norte y 80° 12' y 80° 50' de longitud Oeste.

Características morfométricas

El área de drenaje total de la cuenca es de 1284,3 km², hasta la desembocadura al mar. Nace en el cerro Gato ubicado en la Peña, Cordillera de El Montuoso, extendiéndose unos 117 km hasta su desembocadura al mar en la Bahía de Arena al noreste de la ciudad de Chitré. Es el límite de las provincias de Herrera y Los Santos.

La elevación media de la cuenca es de 135 msnm y el punto más alto se encuentra en cerro El Manguillo, ubicado al suroeste de la cuenca, con una elevación máxima de 918 msnm.

Muestreo

Los muestreos se realizaron durante la estación seca (marzo y finalizaron en mayo del 2015). Se marcó como referencia, el área colindante a la finca y se definieron tres transeptos: El primero a la entrada - inicio, el segundo en centro - mitad y el tercero al final del trayecto del río. Se ubicaron los puntos de muestreo a una distancia recorrida (transeptos) mínima de 500 m y máxima de 1000 m.

En cada punto de muestreo se midieron 10 m en la orilla por la parte más ancha del río, cuya vegetación riparia predominante la conforman pastizales y asociados entre árboles frutales y nativos, algo de parches dispersos y discontinuos. Dentro de esta área se tomaron tres tipos de sustratos: roca corriente, hojarasca y roca removida, por cada muestra se colectaron tres submuestras con una red D, la cual es la más utilizada por su capacidad de controlar el área muestreada, se sumergió en el río y luego se removió manualmente para depositar el contenido en botellas dosificadoras de 250 ml (Figura 1).

Laboratorio

Se depuraron las muestras y se observaron al estereoscopio para clasificar los macroinvertebrados dulceacuícolas, utilizando la metodología descrita por Cornejo 2013, para posteriormente, depositarse en recipientes (tubos de ensayo) y preservarlas en alcohol al 95%.

Posteriormente a las colectadas las especies de macroinvertebrados dulceacuícolas y de ser clasificados, según orden y familia, se aplicó el índice BMWP-PAN, descrito por Roldán 2003, para determinar la calidad de agua de las fincas muestreadas, para cada punto en ambas fincas con vegetación riparia parte inicial, media y final. Finalmente, se estableció el promedio general para cada una de las fincas y así determinar de manera global la calidad de agua.

Para calcular el número de muestras (puntos de muestreos), se utilizó el muestreo sistemático en transepto, descrito por Scheaffer *et al.* (1986), el cual hace referencia a “una muestra obtenida al seleccionar aleatoriamente un elemento de los primeros (k) en el marco (puntos de muestreo) y después de cada k-ésimo elemento se denomina muestra sistemática de 1-en-k.” Este muestreo es en función de la longitud del río y diámetro del cuadrante.

En general, para una muestra sistemática de n elementos de una población de tamaño N, k debe ser menor o igual que N/n (esto es, $\leq N/n$).

Aplicando la fórmula del muestreo sistemático:

N = longitud del río 1500 m.

n = punto de muestreo cada 500 m.



Figura 1. Área de muestreo (a) y el método para la recolección de macroinvertebrados dulceacuícolas (b).

k = tamaño de la muestra.

$N/n = (1500/500) = \text{tres puntos de muestreo}$ ubicados en la parte baja, media y alta, en la longitud del río por fincas y localidades estudiadas. Por lo tanto, corresponde a una muestra sistemática de 1-en-3.

La estimación de la media poblacional (μ) usando la media ($\bar{Y}$) de una muestra sistemática, se obtuvo a través de la ecuación:

$$\mu = \bar{Y}_{sy} = \frac{\sum Y_i}{n}, \text{ donde el sub índice sy,}$$

significa que uso el muestreo sistemático

La varianza estimada de

$$\bar{Y}_{sy}: V(\bar{Y}_{sy}) = \frac{S^2}{n}$$

El análisis se realizó con estadística descriptiva: $\bar{X} \pm \sigma$; (media, moda, mediana, desviación estándar, coeficiente de variación y límites de confianza), para determinar la confiabilidad de la distribución normal de los datos. Además, se usaron histogramas de frecuencias real (%) para el análisis descriptivo de la base de datos.

Para el análisis de la riqueza, se utilizó el índice de dominancia de Simpson (Patil *et al.* 1982):

$$I = \frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

- Índice de Simpson.
- n_i = número de individuos de especies diferentes.

- N = total de organismos presentes (o unidades cuadradas).

- n = número de ejemplares por especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Finca Calabacito

En esta finca se colectaron un total 163 individuos, los cuales clasificados según el protocolo BMWP – CR, resultaron 10 órdenes y 25 familias; resultando con mayor dominancia los órdenes (Ephemeroptera (39,34%), Trichoptera (21%), Odonata (9,84%) (Figura 2a).

Finca Las Lomas

En este sitio se colectaron 294 individuos en total, posteriormente según el protocolo BMWP – CR, resultaron, con nueve órdenes y 20 familias; donde los órdenes Ephemeroptera (30%), Odonata (16%), Coleóptera (15%), Trichoptera (13%), resultaron con mayor dominancia dentro del área de muestreo (Figura 2b).

Determinación de riqueza

A través del índice de dominancia de Simpson, (Simpson 1960), que mide la probabilidad de que dos individuos de la población extraídos al azar sean de la misma especie; valores altos indican dominancia de alguna especie. Para el muestreo ubicado en Calabacito, con respecto a Las Lomas (Cuadro 1), refiere a mayor dominancia en los puntos inicial

y final; y para el caso de la finca Las Lomas, resultaron con mayor dominancia en el punto medio. Esto podría ser consecuencia de la vegetación riparia y la cobertura boscosa, debido a que dichas zonas presentaban deforestación provocando mayores aberturas de la vegetación que permitieron un aumento de pastizales y mayores entradas del sol, lo cual podría conllevar a un alto crecimiento del perifiton, que sirve como alimento para los macroinvertebrados acuáticos. Las altas temperaturas del agua favorecen la actividad microbiana para el crecimiento del perifiton, lo cual contribuye a la rápida descomposición de los materiales

trayendo como consecuencia mayores abundancias de individuos (Sánchez-Argüello *et al.* 2010).

Finca en Calabacito

Las puntuaciones obtenidas para las partes inicial, media y final oscilaron entre 164, 102 y 131, respectivamente (Cuadro 2). Estos valores indican que en la parte alta de la finca las aguas son de excelente calidad, en el punto medio aguas limpias, y al final de la finca aguas de excelente calidad de acuerdo con la escala publicada por Roldán 1999. El promedio, para esta finca es de 132, la cual indica que la calidad de agua de esta finca es excelente, clase I.

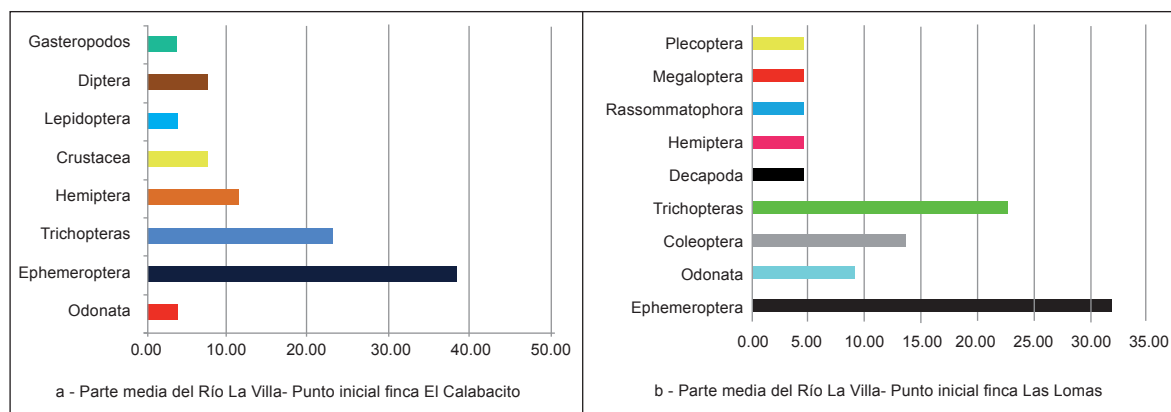


Figura 2. Abundancia biondicadores dulceacuícolas (%), por órdenes (a) punto inicial en la finca El Calabacito y (b) punto inicial en la finca Las Lomas, marzo a mayo del año 2015.

CUADRO 1. ÍNDICE DE SIMPSON PARA DETERMINAR LA RIQUEZA EN LA PARTE ALTA, MEDIA Y BAJA DE LAS FINCAS RIPARIAS (CALABACITO Y LAS LOMAS), DE LA PARTE MEDIA DEL RÍO LA VILLA.

Índices	El Calabacito			Las Lomas		
	Parte					
	Inicio	Medio	Final	Inicio	Media	Final
Índice de Simpson	25,67	13,97	25,68	2,19	9,95	4,44

Finca Las Lomas

Según el índice BMWP, que se muestra en el Cuadro 2, en la parte inicial de la finca una puntuación total de 128, según la tabla propuesta por Roldán 1999. Indica aguas de calidad excelente, clase I, en donde el orden de mayor dominancia fue Decápoda, con la familia Palaemonidae, de igual manera en el punto medio el puntaje corresponde a 175, con aguas de excelente calidad.

Sin embargo, en la parte final del río, el índice BMWP fue 59, aguas de mala calidad, contaminada, clase IV. Lo que muestra que existe algún factor que altera la calidad del agua en este punto a diferencia de los anteriores que son de clase I.

El promedio de los valores obtenidos en el índice para cada punto corresponde a 120, indicando aguas de calidad excelente.

La abundancia de macroinvertebrados, arrojados por el estudio, para el caso de la finca las Lomas, fue mayor que los encontrados en

finca Calabacito, lo que pudiese atribuirse a la presencia de tensores ambientales de origen natural, como el caudal del río, el cual modifica la disponibilidad y diversidad de hábitat (Alba-Tercedor 1992, Alba-Tercedor 1996).

En el caso de riqueza para finca Calabacito, el índice de dominancia de Simpson resultó mayor a Las Lomas, probablemente a los factores que influyen sobre la presencia de determinadas especies en dicho sitio, por lo tanto, imposibilita el desarrollo de las mismas, y disminuye la probabilidad de encontrar al azar organismos de la misma especie en una misma área, tal como lo establece el índice de Simpson (Simpson 1960).

El índice BMWP, refleja en el sitio del Calabacito, en la parte alta calidad de aguas excelentes, clase I, se puede ver influenciada por la baja perturbación que existe en el hábitat, además de poseer una amplia vegetación de especies mayores. Según Towns 1981, Ramírez y Pringle 2001, Kasangaki *et al.* 2008, en las áreas de mayor vegetación hay mayor disposición de recursos alimenticios de

CUADRO 2. ÍNDICE BMWP, PARA LOS PUNTOS (TRANSEPTOS), UBICADOS EN LAS DOS FINCAS GANADERAS.

Finca	Punto Inicial	Punto Medio	Punto Final	Total
El Calabacito	164	102	131	132
Las Lomas	128	175	59	120

origen terrestre (especialmente paquetes de hojarasca) causando arreglos bióticos diferentes.

En la parte media del río en el sitio en Calabacito, las aguas son de calidad buena, clase II, las cuales en comparación con el punto anterior disminuye la calidad del agua, probablemente a que este punto se ve influenciado por actividades ganaderas, ya que los animales obtienen el agua de este punto. Según Trimble y Mendel 1995, el ganado es un importante factor de evolución geomorfológica de los ríos, por el pastoreo en los pastos alrededor de los ríos o en su cuenca o por el pisoteo el cual erosiona y desgasta las riberas, aumentando la turbulencia del agua y a su vez la erosión de las riberas y puede ocurrir una perturbación en el hábitat, y así disminuir la presencia de estos bioindicadores.

En el punto final de la cuenca, la vegetación es abundante y se puede ver reflejado en la calidad del agua que es excelente. Según Hanson *et al.* 2010, algunos macroinvertebrados viven en las partes sumergidas de las plantas acuáticas como libélulas (Odonata).

Según el índice BMWP en el sitio de las Lomas, en la parte alta-media de la finca la calidad de agua es excelente, clase I, en donde las condiciones que

rodean al río son favorables ya que la vegetación es amplia y contribuye al desarrollo de diversas especies ya que puede proporcionar alimento, hábitats y proporciona sombra las cuales necesitan algunos estadios de diferentes familias.

En la parte baja o final de la finca según el índice BMWP, se refleja aguas de mala calidad, contaminada, clase IV, las cuales pueden estar influenciadas por actividades agrícolas y ganaderas, como la siembra de caña muy cerca del río y el bebedero de animales, que afectan la calidad, la vegetación de la ribera, lo que refleja cambios en la calidad del agua como riqueza y composición de individuos en las aguas (Cao *et al.* 1997).

CONCLUSIONES

- La finca Las Lomas, en la parte final, indica aguas de mala calidad, debido a la influencia de la vegetación riparia y las actividades que se realizan en fincas colindantes, como factores externos al área de muestreo.
- La riqueza y la abundancia de macroinvertebrados están influenciada por factores como caudal, condiciones ambientales como temperatura, considerando que estos individuos, poseen requerimientos determinados como el hábitat y alimentación, para su desarrollo.

- Las posibles fuentes de contaminación como uso de agroquímicos, erosión y malas prácticas de ganadería influyen de manera significativa, sobre la calidad del agua, lo que sugiere conservar la vegetación riparia al río, para que pueda filtrar la entrada de sedimento y sustancias que puedan incidir sobre la calidad de la fuente, caso que evidencia la discrepancia según la calidad de agua hacia la parte final.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor, J. 1992. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *In* Memorias del IV Simposio el agua en Andalucía. Siaga, Almería, 2:202-213.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *In* Memorias del IV Simposio el agua en Andalucía. Siaga, Almería, 2:200-211.
- Barbour, MT; Gerritsen, J; BD Snyder, BD; Stribling, JD. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. US EPA, Office of Water: Washington DC, USA.
- Cao, Y; Bark, AW; Williams, W. 1997. Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient; a framework for the development of biotic indices. *Water Research* 31(4):884-892.
- Cornejo R, A. 2013. Macroinvertebrados acuáticos bioindicadores de calidad de agua en Panamá: Propuesta de índice BMWP/PAN, Resumen especial: Macroinvertebrados dulceacuáticos en Mesoamérica (MADMESO), Villa hermosa, Tabasco, MX.
- González, M; García, D. 1995. Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, ES. p. 319.
- Hurtado, S; García, F; Gutiérrez, P. 2005. "Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, México". *Folia Entomol.* 44(3):271-286.

- Kasangaki, A; Chapman, LJ; Baliwa, J. 2008. Land use and the ecology of benthic macro invertebrate assemblages of high-altitude rainforest streams in Uganda. *Freshwater Biology* 53:681-697.
- Lampert, W; Sommer, U. 2007.-Limnoecology: The ecology of lakes and streams. 2 Ed. Oxford University Street. Nueva York. p. 324.
- Lara, A; Villalba, R; Urrutia, R. 2008. A 400-year tree-ring record of the Puelo river summer-fall streamflow in the Valdivian rainforest eco-region, Chile. *Climatic Change* 86:331-356.
- Hanson, P; Springer, M; Ramirez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)* 58(Suppl. 4):3-37.
- Patil, GP; C. Taile, C. 1982. "Diversity as a concept and its measurement," *Journal of the American Statistical Association* 77:548-567.
- PRONAT (Programa Nacional de Administración de Tierras, PA) - ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, PA) - CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2008. Plan de ordenamiento territorial ambiental de la cuenca el río La Villa. Producto 1: Caracterización. Panamá, PA. 324 p.
- Ramírez, A; Pringle, CM. 2001. Structure and production of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *Journal of the North American Benthological Society* 17:443-461.
- Roldán P, G. 1999. Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de las aguas. *Revista Académica Colombiana de Ciencias* 23(88):375-387.
- Roldán P, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 170 p.
- Rosenberg, DM; Resh, VH. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York London. Chapman and Hall. pp.488.
- Sánchez-Argüello, R; Cornejo, A; Pearson, R; Boyero, I. 2010. Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 46:149-156.

Scheaffer, RL; Mendenhall, W. 1986.

Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. MX. p. 25-28.

Simpson, EH. 1960. Measurement of diversity. *Nature* 163:688.

Towns, DR. 1981. Life histories of benthic invertebrates in a kauri forest stream in northern New Zealand. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 32:191-211.

Trimble, SW; Mendel, AC. 1995. The cow as a geomorphic agent: A critical review. *Geomorphology* 13:233-253.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Santa María La Antigua, por contar con estudiantes interesados en incursionar en temas novedosos y sensibles hoy día en nuestra región. Así por facilitarnos el estereoscopio que sirvió para la observación y análisis de los macroinvertebrados dulce acuícolas, al Ing. David Urriola, gerente de proyecto bajo la cual trabajamos la actividad.

SEMEN OVINO CONSERVADO FRESCO EN DILUYENTE CON SUERO DE ALBÚMINA BOVINA¹

Raúl H. De León-García²; Henry Ortega³; Itzel Saldaña⁴; Kristel Flores⁴

RESUMEN

El desarrollo de nuevos diluyentes que garanticen incrementar el volumen del eyaculado y proteger los espermatozoides durante el enfriamiento es una meta para los especialistas e investigadores dedicados al estudio de esta temática. Es por ello, que con el objetivo de evaluar el diluyente Tris-glucosa-ácido cítrico-BSA (suero de albúmina bovina) en la conservación de semen fresco, se realizó este trabajo en la Unidad Ovina de la Estación Experimental de Gualaca. Para ello se evaluaron 16 eyaculados de sementales ovinos de diferentes grupos raciales a los que se le extrajo semen con una vagina artificial. Una vez obtenida la muestra, se procedió a su valoración considerando; volumen (VOL), turbidez (TUR), motilidad (MOT), vigor (VIG), concentración espermática total (CET), concentración espermática viable (CEV). Después de la valoración, se procedió a extenderlo utilizando tris-glucosa-ácido cítrico-bsa. Los valores iniciales fueron MOT 92,5% ($\pm 4,47$), CET 2594,7 ($\pm 1396,7$), CEV 994,0 ($\pm 755,8$), espermios vivos: 66,73 ($\pm 2,0$) y las patologías primarias y secundarias menos de 15% lo que determinó que eran aptos para la dilución. Una vez diluida la muestra, se prepararon alícuotas de 1,0 cc y se conservaron en refrigeración a 4° C. Las pruebas de viabilidad se realizaron a las 24, 48, 72 y 96 horas, antes de las cuales fueron incubadas en baño maría a 37,5° C y evaluadas a los 30 minutos y a las 2 h por cada período. Los resultados indican la posibilidad de mantener la viabilidad del semen fresco hasta por 96 h con capacidad de producir una gestación viable.

PALABRAS CLAVES: Tris-glucosa-ácido cítrico-bsa, tasa de dilución, concentración espermática viable, motilidad.

¹Recepción:16 de marzo de 2017. Aceptación:29 de noviembre de 2017. Trabajo financiado por el Proyecto Evaluación de Razas y Cruces para el Mejoramiento de la Eficiencia Bio-Económica de los Sistemas de Ovinos y Caprinos en Panamá.

²Ing. Agr. Zootecnista. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuario Oriental (CIAOr). e-mail: raulherminio@gmail.com

³Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

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

FRESH PRESERVED OVINE'S SEMEN IN DILUENT WITH BOVINE SERUM ALBUMIN

ABSTRACT

The development of new diluents that guarantee to increase the volume of the ejaculate and protect the sperm during cooling is a goal for specialists and researchers dedicated to the study of this subject. With the objective of evaluating the diluent Tris-glucose-citric acid-BSA (bovine serum albumin) in the conservation of fresh semen, the present work was performed in the ovine unit of the Experimental Station of Gualaca. For this, 16 ejaculates of ovine stallions from different racial groups were evaluated, the semen was extracted with an artificial vagina. Once the sample was obtained, we proceeded to its assessment considering; volume (VOL), turbidity (TUR), motility (MOT), vigor (VIG), total spermatic concentration (CET), viable spermatic concentration (CEV). After the evaluation, it was extended using tris-glucose-citric acid-bsa. The initial values were MOT 92,5% ($\pm 4,47$), CET 2594,7 ($\pm 1396,7$), CEV 994,0 ($\pm 755,8$), live sperm: 66,73 ($\pm 2,0$) and the primary and secondary pathologies less than 15%, which determined that they were suitable for dilution. Once aliquots of 1.0 cc were prepared and kept refrigerated at 4° C. Viability tests were conducted at 24, 48, 72 and 96 hours, before which they were incubated in a water bath at 37,5° C and evaluated within 30 minutes and 2 h for each period. The results indicate the possibility of maintaining the viability of fresh semen for up to 96 h with the capacity to produce a viable gestation.

KEY WORDS: Tris-glucose-citric acid-bsa, rate of dilution, viable sperm concentration, motility.

INTRODUCCIÓN

El uso de la inseminación artificial utilizando semen fresco en hembras ovinas y caprinas, es una técnica ampliamente difundida a debido a los elevados índices de fertilidad (Martínez *et al.* 2003). Sin embargo, los resultados obtenidos, cuando se usa semen congelado, son menos alentadores debido a los daños que ocurren en las células espermáticas durante el proceso

de crio-conservación, principalmente en la membrana del espermatozoide, donde se altera su función metabólica, reduciendo el número de células viables, ocasionando una capacitación espermática prematura (Maxwell y Watson 1996), por lo que los espermatozoides sólo son viables durante un corto período de tiempo en el tracto reproductivo de la hembra y tienen menor oportunidad de fecundar

los ovocitos (Gillan y Maxwell 1999) y a un trastorno sub-letal en la proporción de espermatozoides sobrevivientes (Watson 2000).

De acuerdo a Martínez *et al.* (2003), el plasma seminal es capaz de proporcionar una limitada protección al espermatozoide ante las bajas temperaturas, de allí la importancia de conservarlo mediante el uso de diluyo-conservadores (naturales o sintéticos) contra los daños que se presentan durante el proceso de crio-conservación.

Estos daños podrían ser prevenidos parcialmente controlando la velocidad de congelamiento, usando un diluyente adecuado y agregando agentes crio-protectores apropiados. Es por ello que es necesario añadir medios apropiados que prolonguen su viabilidad y garanticen la fertilización, por lo que el diluyo-conservador dependerá, en gran medida, del tiempo que se desee conservar una calidad seminal de forma que garantice la fecundación en la hembra.

La conservación del semen en forma líquida o congelada para prolongar su capacidad fecundante y la búsqueda constante de nuevas formulaciones que prolonguen cada vez más el tiempo de conservación del espermatozoide constituye una meta constante para los especialistas e

investigadores dedicados al estudio de esta temática (Martínez *et al.* 2003).

En ese sentido, en la crio-conservación de semen ovino, se han evaluado diferentes tipos de diluyentes y agentes crio-protectores (permeables y no permeables) obteniéndose resultados muy variables (Molinia *et al.* 1994a, 1994b, Gil *et al.* 2000, Salamon y Maxwell 2000) y en la actualidad existen numerosos diluyentes y crio-conservadores capaces de reducir las reacciones metabólicas que se producen en el eyaculado diluido durante la conservación, sin afectar la motilidad espermática, siendo uno de estos diluyentes el compuesto por tris-glucosa-ácido cítrico-bsa, el cual permite la viabilidad del semen fresco hasta por 96 horas. Es por ello, que con el propósito de generar información y conocimientos en la conservación de semen ovino fresco para ser usado en programas de inseminación artificial, se evaluó el comportamiento del diluyo-conservador tris-glucosa-ácido cítrico-bsa (suero de albúmina bovina), en la viabilidad espermática del semen ovino conservado fresco hasta 96 horas.

Colecta del semen

Las extracciones de semen se realizaron en la Unidad Ovina de la Estación Experimental Carlos M. Ortega y la evaluación de los eyaculados, en el Laboratorio de Biotecnología Animal del

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, localizado en el corregimiento de Gualaca, distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí.

Se utilizaron cuatro machos ovinos tomados al azar, con edades promedios de 2,5 años, los cuales se mantenían en pastoreo y suplementados con una ración energético-proteica a razón de 250 g a 400 g diarios por animal dependiendo de la disponibilidad de la pastura y la cual aportaba entre 16% y 18% de proteína cruda y 2,8 Mcal.

Las colectas se realizaron utilizando una vagina artificial (VA), ya que ofrece condiciones de presión y temperatura, semejante a las del salto natural, además de que el eyaculado se aproxima al obtenido en condiciones cercanas a las fisiológicas, y para la excitación de los machos se utilizaron hembras en celo. La vagina tenía ≈ 15 cm de largo y ≈ 6 cm de ancho, revestida con un tubo interno de goma, al cual se le conectó un tubo colector de plástico. El tubo interno se llenó con agua a 40°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) de temperatura y luego se insufló con aire para dar la presión ideal. Como colector se utilizó un tubo de ensayo de plástico de 15 cc graduado y para facilitar la colecta.

En total se analizaron 16 muestras seminales, cuatro por cada semental,

realizando los muestreos en horas de la mañana para evitar el estrés calórico de la tarde y siempre por la misma persona. Inmediatamente obtenida la muestra se procedió a realizar las evaluaciones macroscópicas (color, olor, volumen y densidad) y microscópicas (motilidad masal, motilidad individual, concentración espermática, viabilidad espermática y patologías espermáticas) del eyaculado.

El volumen (ml) se determinó mediante un recolector graduado, el porcentaje de motilidad (%) se valoró por observación al microscopio con un aumento de 40x, mientras que la concentración espermática ($10^6/\text{ml}$) a través de un fotómetro (Sperm Cue). Para la determinación de vivos y muertos se utilizó una tinción de eosina nigrosina y las patologías totales en el microscopio de contraste de fase por extensión fina sobre un portaobjeto de una gota de semen con solución de glutaldehído al 25%. Los eyaculados clasificados como aptos para ser procesados y se le añadió el diluyente en evaluación compuesto por tris-glucosa-ácido cítrico-bsa (Martínez *et al.* 2007).

Una vez determinados estos parámetros, se procedió a la concentración espermática viable (CEV) de la muestra de semen utilizando la siguiente fórmula propuesta por Montes (2007).

CEV= Vol. (cc) x Motil. (%) x Conc ($\times 10^6$ /cc) x % esper. Normales/100

Dónde:

CEV = es la concentración espermática viable.

Vol. (cc) = volumen eyaculado.

Motil. (%) = porcentaje de motilidad masal calculado.

Conc = concentración espermática expresada en 10^6 .

Esp. Normales = porcentaje de espermios normales en la muestra.

Una vez se determinó la CEV, la tasa de dilución de la muestra se calculó de la siguiente manera:

Volumen de diluyente = (CEV) (0,5)/150.

Siendo que para este estudio se prepararon pajuelas de 0,5 cc con una concentración de 150×10^6 espermatozoides por pajuela, la formula se describe de la siguiente manera:

CEV= concentración espermática viable calculada anteriormente.

0,5= volumen de semen en la pajuela.

150= concentración de espermatozoides (expresada en 10^6) en la pajuela.

Una vez calculada la dilución final del eyaculado, se procedió a diluir el semen y separar alícuotas de 1 cc y colocarlas en refrigeración a 4° C. Las lecturas de motilidad masal, motilidad individual, viabilidad espermática (vivos

y muertos) se realizaron las 24, 48, 72 y 96 horas y para ello, las muestras fueron sacadas de refrigeración y colocadas en baño maría para su incubación, realizando una primera lectura a los 30 minutos y una segunda a las 2 h post incubación siguiendo la metodología propuesta por Martínez *et al.* 2007.

Los valores iniciales promedios para las 16 muestras colectadas fueron los siguientes: volumen inicial: 0,75 cc ($\pm 0,10$); motilidad individual: 92,5% ($\pm 4,47$); espermatozoides vivos: 66,3% ($\pm 19,2$) y concentración espermática: $2594,7 \times 10^6$ /cc ($\pm 1396,7$), valores éstos que se encuentran dentro de los parámetros normales para la especie (Ferreira y Pérez 2001, López 1999, Hafez 2000). Las patologías espermáticas estuvieron por debajo del 15%.

Se muestra el efecto del diluyente tris-glucosa-ácido cítrico-bsa (suero de albúmina bovina) sobre la motilidad espermática (Figura 1), se observó una disminución en la motilidad progresiva (MP), con respecto al semen fresco diluido al tiempo 0 h. Los resultados indican que, hasta las 24 h, la motilidad estuvo por encima del 50% ($57,63\% \pm 25,44$) promedios similares a los señalados por Peña-Durón (2007), quien reporto valores de 58,54%.

A partir de las 48 h hasta las 96 h, las medias para motilidad espermática fueron disminuyendo pero siempre manteniéndose superior a 35%, esto se explica ya que la motilidad se detiene totalmente a los 5° C provocando una reducción en la actividad metabólica y de motilidad, y se reestablece nuevamente, siempre y cuando no se hayan producido daños de tipo estructural causados por un choque térmico, al subir la temperatura a niveles normales (30° a 39° C) (período

de incubación de la muestra) (Vivianco 1998).

Los efectos del diluyente sobre la viabilidad espermática (vivos y muertos) a diferentes períodos de evaluación post incubación se presentan en la Figura 2, en la que se puede observar una disminución en el porcentaje de espermatozoides vivos de 60,5% ($\pm 9,19$) a las 24 h hasta alcanzar un promedio de 33,0% (± 1.41) a las 96 h.

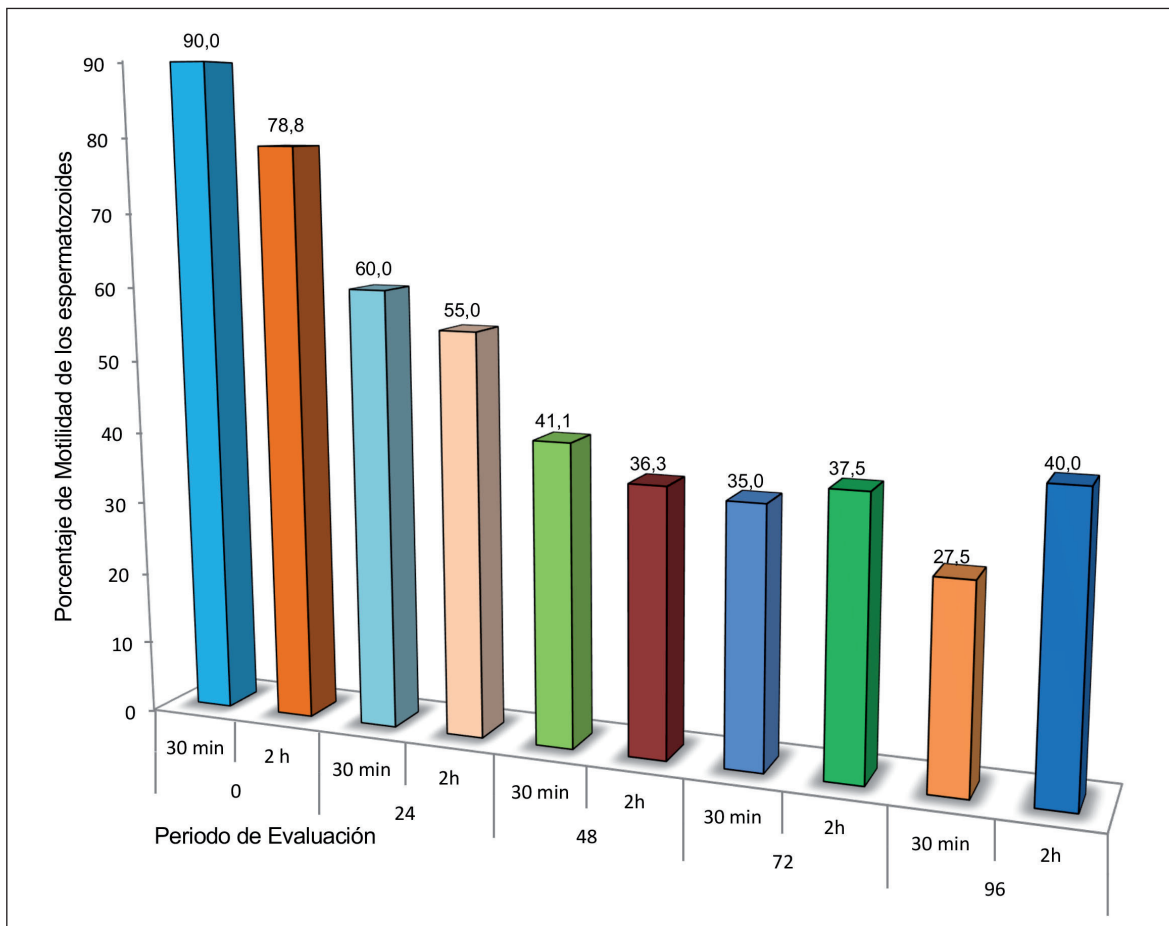


Figura 1. Efecto del diluyente tris-glucosa-ácido cítrico-bsa sobre la motilidad espermática.

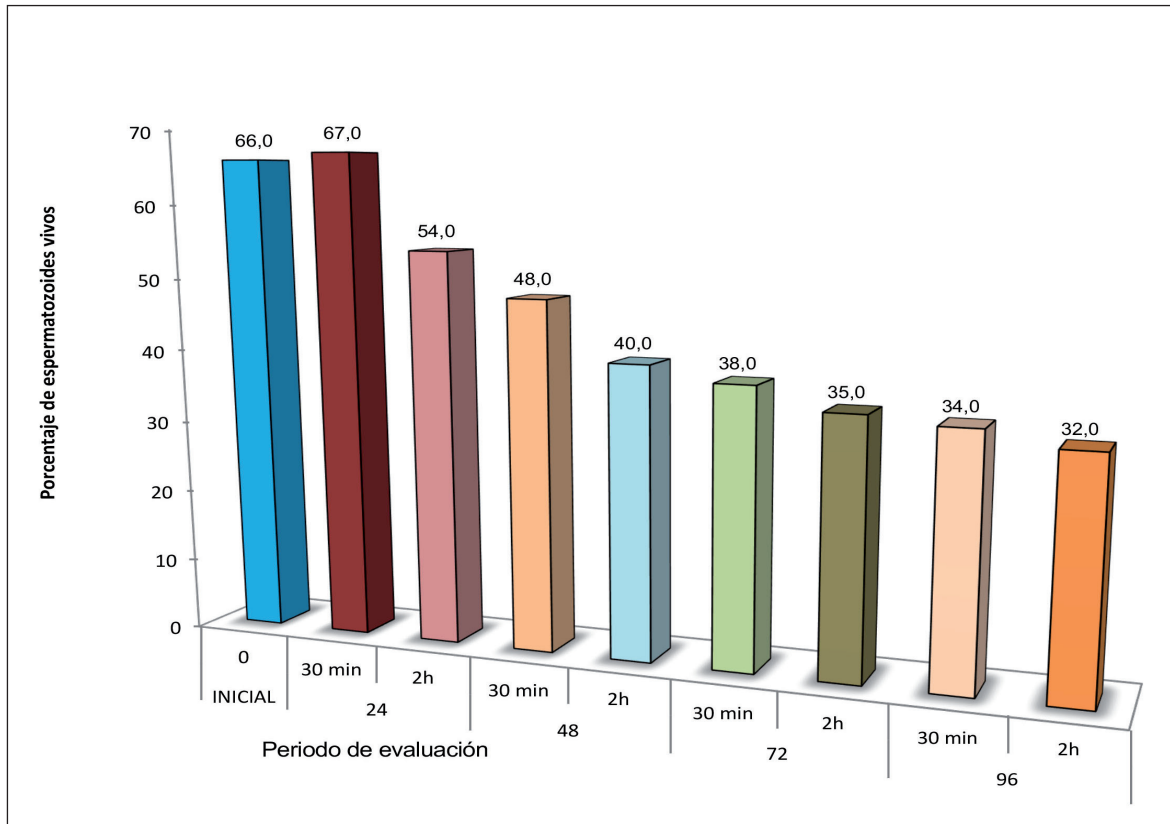


Figura 2. Efecto del diluyente tris-glucosa-ácido cítrico-bsa sobre la viabilidad espermática (vivos).

Estos resultados nos indican la posibilidad de conservar el semen ovino fresco hasta por 96 h cuando se utiliza tris-glucosa-ácido cítrico-bsa (suero de albúmina bovina) con capacidad fecundante, lo que contribuiría a implementar programas de inseminación artificial en ovinos utilizando semen fresco.

BIBLIOGRAFÍA

Ferreira, NJ; Pérez F, DR. 2001. Biotécnicas de la reproducción caprina y ovina. Editorial Fortaleza. Ceará, Brasil.

Gil, J; Söderquist, L; Rodriguez-Martínez, H. 2000. Influence of centrifugation and different extenders on post-thaw sperm quality of ram semen. Theriogenology 54:93-108. Abstract.

Gillan, L; Maxwell, W. 1999. The functional integrity and fate of cryopreserved ram spermatozoa in the female tract. J. Reprod. Fertil. 54 (Suppl. 1):271-283.

Hafez, ESE. 2000. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7a.Ed. McGraw-Hill. México, D.F.

- López, FP. 1999. Semen collection and evaluation in rams (en línea). Consultado 1 marzo 2017. Disponible en <http://www.dps.ufl.edu/hansen/asg3335l/semencollram1.htm>.
- Martínez, J; Hernández, JL; Díaz, N; Molina, Y; Interian, L; González-Peña, D. 2007. Un nuevo diluyente para la conservación del semen caprino en estado fresco refrigerado. *Ciencia y Tecnología Ganadera* 1(3):127-132.
- Martínez, J; Peron, N; Lima, T. 2003. Resultados de fertilidad en cabras inseminadas con semen congelado en medios a base de tris (hidroximetil-aminometano) y leche descremada. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* Vol. 29, No. 1 y 2.
- Maxwell, W; Watson, P. 1996. Recent progress in the preservation of ram semen. *Anim Repro Sci* 42:55-65.
- Molinia, F; Evans; G, Maxwell, M. 1994a. Incorporation of penetrating cryoprotectants in diluents for pellet-freezing ram spermatozoa. *Theriogenology* 42:849-858. Abstract
- Molinia, F; Evans, G; Quintana, P; Maxwell, W. 1994b. Effect of mono-saccharides and disaccharides in Tris-based diluent on motility, acrosome integrity and fertility of pellet frozen ram spermatozoa. *Anim Repro Sci* 36:113-122.
- Montes, I. 2007. Manual de Semen. Centro de Investigación y Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical. La Habana, Cuba. Inédito.
- Peña-Duron, BC. 2007. Viabilidad del semen caprino conservado en dos temperaturas con diferentes diluyentes. Tesis profesional para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma de Nayarit, Compostela, MX. 50 p.
- Salamon, S; Maxwell, WMC. 2000. Storage of ram semen. *Anim. Reprod Sci. Review. Anim. Reprod. Sci.* 62:77-111.
- Vivianco, MW. 1998. Inseminación artificial en ovinos. *In* Memorias del Seminario Internacional Aplicaciones de Técnicas Biotecnológicas en la Reproducción de Ovinos y Caprinos. 26-27 de octubre. Chapingo, MX.
- Watson P. 2000. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Anim Repro Sci* 60-61:481-492.

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 y con dos dictámenes positivos se evalúa 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, los autores deberán solicitar, cuando sea necesario, los permisos para la publicación de los datos ya reportados.

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 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

Utilizar el sistema autor, año. Las citas de dos autores mencionar el apellido de ambos separado por la conjunción y con tres o más autores, se menciona el apellido del primer autor acompañado de la expresión latina *et al.* Ejemplo: (Gordón *et al.* 2004) o Gordón *et al.* (2004). Para dos o más artículos usando la misma cita, adicione letra minúscula (a, b, c, etc.) para el año en ambos texto y referencia. Separe las citas con una coma. Para citas de múltiples trabajos por el mismo autor, el nombre del autor se coloca una vez. 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)

Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre del ingrediente activo.

B. NORMAS ESPECÍFICAS

1. ARTÍCULOS

Se estructurará 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, 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 apellidos sin abreviar, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor y coautores. Indicar en el pie de página el grado académico, título o especialidad. Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis) 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.
- 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. Recomendaciones:** Esta sección puede estar o no presente en el artículo. En caso de que el autor presente sugerencias, las mismas deberán presentarse en esta sección.
- j. Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomada en cuenta las recomendaciones del documento sobre Redacción de Referencias Bibliográficas del IICA y el CATIE, 4ª edición.
- 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. No pueden tener una extensión mayor a 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 revista se distribuye a un costo de 15.00 dólares de EEUU por unidad. Para pedidos fuera de Panamá, agregar el costo de envío en dólares EEUU: Grupo I: países de América \$ 5.80; Grupo II: Argentina, Bermudas, Bahamas, Brasil, Canadá, Chile, Guyana y Uruguay \$ 7.70; Grupo III: Europa \$ 11.45 y Grupo IV: Asia, África, Oceanía \$ 15.25.

La publicación de artículos es sin costo alguno.

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. 2017. Derechos Reservados

ACCESO GRATUITO A LA REVISTA EN INTERNET



Texto completo – formato PDF
<http://www.idiap.gob.pa>

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

Publicación financiada con fondos del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá,
bajo la administración del Ph.D. Axel Villalobos Cortés – Director General

