



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN 0258-6452

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 25

PANAMÁ-2016



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
no. 25 (2016). Panamá, PA. Semestral
159 p.
ISSN: 0258-6452.
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 25

PANAMÁ-2016

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

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

Editora Asociada

Neysa Garrido Calderón

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Consejo Editorial

Román Gordón Mendoza

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

José A. Yau

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

Hilda Lezcano

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – Universidad de Panamá

Axel Villalobos Córtes

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

Audino Melgar Moreno

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Esteban Arosemena

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson

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

Rodolfo Morales Muñoz

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|--------|---|
| 1-21 | MODELOS NO-LINEALES APLICADOS A DATOS DE CRECIMIENTO DE BOVINOS CRUZADOS CON WAGYU
<i>Pedro Guerra-Martínez; Ricaurte A Quiel-Batista;
Carlos I Martínez D; María Milagros De Gracia V</i> |
| 22-44 | TIPIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS FINCAS GANADERAS DEL DISTRITO DE GUALACA, CHIRIQUÍ. PANAMÁ
<i>Pedro Guerra-Martínez; Flor Yarel Cedeño-Ureña;
Ricaurte Alcides Quiel-Batista</i> |
| 45-55 | PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE <i>Tithonia diversifolia</i> (HEMSL.) A. GRAY BAJO DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTES
<i>Eliut Santamaría-Lezcano; Luis Hertentains-Caballero;
Odenis Troetsch-Santamaría; Audino Melgar-Moreno</i> |
| 56-72 | MANEJO INTEGRAL DE INSECTOS PICADORES Y CHUPADORES EN CULTIVOS DE SANDÍA
<i>Anovel Barba-Alvarado; Vidal Aguilera-Cogley;
Román Gordon-Mendoza</i> |
| 73-87 | EFFECTO DE LA NUTRICIÓN ÓRGANO - MINERAL Y DENSIDAD EN PLÁTANO AAB, VAR. CUERNO ROSADO
<i>David Ramos-Agüero; Elein Terry Alfonso; Gloria Marta Martí</i> |
| 88-107 | EL COQUILLO (<i>Jatropha curcas</i> L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA REGIÓN DEL ARCO SECO, PANAMÁ
<i>Jaime Espinosa-Tasón; Bruno Borsari-Maraldi;
Kimberly Mighell-Johnson</i> |
-

NOTAS TÉCNICAS

108-117 **RENDIMIENTO DE PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE ADN
DE BOVINOS CRIOLLOS**

Axel Villalobos-Cortés; Rita González-Herrera

118-130 **CONSTANTES FISIOLÓGICAS DE OVINOS PELIBUEY, DORPER
Y KATAHDIN EN ECOSISTEMA DE BOSQUE HÚMEDO TROPICAL**

*Carlos Iván Saldaña-Ríos; Henry Ortega-Ríos;
Daniel Díaz-Granados*

131-146 **DOSIS DE ZEOLITA Y FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS
PARA CULTIVOS DE PLÁTANO Y CAÑA DE AZÚCAR**

Miguel Soca-Núñez; José Ezequiel Villarreal-Núñez

147-154 **EXTRACCIÓN ARTESANAL DE ACEITE DE TRUPA
(*Oenocarpus bataua*, MART.) EN PANAMÁ**

Rodolfo Morales-Muñoz

155-159 ***NORMAS PARA AUTORES***

MODELOS NO-LINEALES APLICADOS A DATOS DE CRECIMIENTO DE BOVINOS CRUZADOS CON WAGYU¹

Pedro Guerra-Martínez²; Ricaurte A Quiel-Batista³;

Carlos I Martínez D²; María Milagros De Gracia V⁴

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron seleccionar y ajustar un Modelo No-Lineal (MNL) al crecimiento de bovinos cruzados Wagyu-Brahman bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo de Gualaca, Panamá. Unos 173 pesos de bovinos Wagyu-Brahman (F_1) y Wagyu-Europeo-Brahman (3R) fueron considerados. Los MNL evaluados fueron: Brody, Logístico, Von Bertalanffy y Gompertz. Los parámetros de crecimiento estimados fueron: peso adulto (PAD) y tasa de madurez (TM); y los indicadores de crecimiento fueron: edad (EPI), peso al punto de inflexión (PPI), excepto Brody, y grado de madurez a los 540 días (GM540d). La selección de los modelos se basó en el error de predicción promedio (EPP), varianza del error de predicción (VEP), el coeficiente de determinación múltiple (R^2), ajustado (R^2_{aj}), el criterio de información de Akaike (AIC), el cuadrado medio del error (CME), la prueba de Durbin-Watson (D-W) y la distribución de los residuos. El modelo Brody mostró mejor ajuste, seguido de Von Bertalanffy. Con Brody, los valores de AIC, VEP y EPP de los F_1 fueron 995,04; 1253,8 y -9,45129; respectivamente; y 1439,62; 1438,9 y -6,14342 de los 3R. Con Brody el R^2 y R^2_{aj} para F_1 y 3-R fueron >0,910. Los CME fueron 1348,3 y 1482,9 para F_1 y 3R, respectivamente. La prueba D-W no mostró autocorrelación entre los residuos en los cuatro MNL. Con Brody, los valores de PAD y TM en F_1 fueron $354,5 \pm 13,0$ kg y $0,00299 \pm 0,000349$ kg.kg⁻¹.día⁻¹ y en 3R fueron $363,1 \pm 11,2$ kg y $0,00287 \pm 0,000278$ kg.kg⁻¹.día⁻¹, respectivamente. Con Von Bertalanffy, EPI, PPI y GM540d resultaron 86,2 días, 100,2 kg y 90,3% para F_1 y 94,7 días, 103,0 kg y 88,8%, para 3R, respectivamente. El modelo de Brody fue el mejor y describe TM lentas a diferencia de las curvas sigmoideas reportadas en climas templados.

PALABRAS CLAVES: Bajo pastoreo, modelo de Brody, Logístico, Von Bertalanffy y Gompertz.

¹Recepción: 22 de septiembre de 2016. Aceptación: 24 de octubre de 2016.

²M.Sc. en Mejoramiento Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

Teléfono (507)6404-2518. e-mail: pedroguerram16@gmail.com

³Ing. Agr. Zootecnista. IDIAP. CIAOc. e-mail: direccionciaoccidental@gmail.com

⁴Tec. Parasitología. IDIAP. CIAOc. e-mail: direccionciaoccidental@gmail.co

NON-LENAR MODELS APPLIED TO GROWTH DATA OF CROSSBRED BOVINES WITH WAGYU

ABSTRACT

The objectives of the present study were to select and adjust a non-linear model (MNL) to the growth of crossbred bovines Wagyu-Brahman under grazing conditions in the humid tropic of Gualaca, Panama. About 173 weights of Wagyu-Brahman (F_1) and Wagyu-European-Brahman (3R) bovines were considerate. Evaluated models were: Brody, Logistic, Von Bertalanffy and Gompertz. The estimated growth parameters were: adult weight (PAD) and growth rate (TM); and the growth indicators were: age (EPI), weight at inflexion point (PPI), except for Brody, and maturity grade at 540 days (GM540d). Selection of the model was based on the mean prediction error (EPP), variance of the predictive error (VEP), coefficient of multiple determination (R^2), adjusted coefficient of multiple determination (R^2_{aj}), Akaike Information Criterion (AIC), mean square error (CME), Durbin-Watson test (D-W) and errors distributions. Brody model showed best adjustment, followed by Von Bertalanffy. With Brody, values of AIC, VEP and EPP of the F_1 were 995,04; 1253,8 and -9,45129, respectively; and 1439,62; 1438,9 and -6,14342 of the 3R. With Brody R^2 and R^2_{aj} for F_1 and 3R were $>0,910$. CME were 1348,3 and 1482,9 for F_1 and 3R, respectively. D-W test did not showed autocorrelations among residuals at the four models. With Brody values of PAD and TM in F_1 were $354,5 \pm 13,0$ kg and $0,00299 \pm 0,000349$ kg.kg⁻¹.day⁻¹ and in 3R were $363,1 \pm 11,2$ kg and $0,00287 \pm 0,000278$ kg.kg⁻¹.day⁻¹, respectively. With Von Bertalanffy EPI, PPI and GM540d were 86,2 days, 100,2 kg and 90,3% for F_1 and 94,7 days, 103,0 kg and 88,8% for 3R, respectively. Brody model was the best and describes slow TM at differences of the sigmoidal curves reported in template weathers.

KEY WORDS: Under grazing, models Brody, Logistic, Von Bertalanffy, Gompertz.

INTRODUCCIÓN

Las curvas de crecimiento del ganado de carne como una relación peso-edad con modelos no-lineales han sido estudiadas por muchos años (Doren *et al.* 1989, Marques da Silva *et al.* 2004, Da Silva M *et al.* 2013). Se ha reportado que la curva de crecimiento de los bovinos de razas *Bos taurus* especializadas para carne y en ambientes templados, es de tipo sigmoideo de tres fases: un

crecimiento lento inicial, una fase de aceleración pronunciada y un período de desaceleración hasta alcanzar el peso adulto (Morrow *et al.* 1976, De Nise y Brinks 1985, Domínguez-Viveros *et al.* 2013). También se ha reportado que la forma y características de la curva de crecimiento pueden variar en función del ambiente y del sistema de producción (Brown *et al.* 1976, Owens *et al.* 1993, Silva *et al.* 2001).

Los estudios en curvas de crecimiento de bovinos han usado principalmente modelos no-lineales que relacionan el peso y la edad del animal (Almeida Marques da Silva *et al.* 2004, Da Silva Marinho *et al.* 2013, Domínguez-Viveros *et al.* 2013). Las ventajas al describir la curva de crecimiento son: (a) resumir en tres o cuatro parámetros, las características más importantes de la población, (b) estimar el perfil de respuesta de tratamiento sobre el tiempo, (c) identificar el animal más pesado a edad temprana en una población y (d) obtener la individual dentro y entre varianzas (Freitas 2005).

A través de modelos no lineales (MNL) se puede describir el cambio del crecimiento en función del tiempo y con un número reducido de parámetros, los cuales tienen interpretación biológica (Fitzhugh 1976, Owens *et al.* 1993). Con los parámetros de los modelos de crecimiento se derivan otros indicadores de crecimiento como el grado de madurez sexual a cierto tiempo; así como la edad y peso al punto de inflexión (Ribeiro de F 2005, Domínguez-Viveros *et al.* 2013), que indica un cambio en la tasa de crecimiento.

Existen diversos MNL para describir la curva de crecimiento de acuerdo con condiciones específicas,

por lo que es importante determinar cuál proporciona un mejor ajuste. El modelo de Brody fue reportado por Arango y Van Vleck (2002) y Garnero *et al.* (2005), el modelo de Von Bertalanffy fue evaluado por Oliveira *et al.* (2000); así el modelo Logístico fue utilizado por Souza *et al.* (2010) y estos tres modelos además del modelo de Gompertz fueron estudiados por Domínguez-Vivero *et al.* (2013). Un propósito al determinar los parámetros e indicadores de crecimiento con estos MNL es considerarlos en los criterios de selección de una raza y tratar de modificar la forma de la curva de crecimiento.

El objetivo principal del estudio fue evaluar y comparar los modelos de Brody, Logístico, Von Bertalanffy y Gompertz para describir la curva de crecimiento y su bondad de ajuste con datos peso-edad de animales cruzados Wagyu-Brahman como: F_1 (50% Wagyu + 50% Brahman) y 3R (50% Wagyu + 25% *Bos taurus* europeo + 25% Brahman).

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de datos: Se usaron 173 peso-edad de animales cruzados Wagyu-Brahman de la Estación Experimental de Gualaca Carlos M. Ortega del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá localizado en Gualaca, provincia de Chiriquí, República de Panamá a 8°39'20" latitud Norte y 82°10'10" longitud Oeste.

El clima pertenece al ecosistema Bosque Húmedo Tropical Premontano. La temperatura media anual es de 26° C y precipitación anual de 3500 a 4000 mm. El suelo es un inceptisol franco arcilloso arenoso con pH 4,5, contenido de materia orgánica de 3,7%, bajo en fósforo (1,6 mg/kg), medio en potasio (0,12 cmol/kg), bajo en calcio y magnesio (0,26 y 0,08 cmol/kg, respectivamente (Pinzón *et al.* 2005).

Desde 2001 el IDIAP inicio un programa de evaluación de la raza Wagyu en cruzamiento con el Brahman enfocado a mejorar la calidad de la canal y carne para suplir la demanda de mercados más exigentes. Los datos provienen de este pequeño hato, el cual se evalúa bajo condiciones del trópico húmedo pre-montano de Gualaca.

Grupos raciales: Los animales en estudio pertenecían a los F_1 (50% Wagyu + 50% Brahman) y 3R (50% Wagyu + 25% *Bos indicus* europeo + 25% Brahman). Las madres de este grupo 3R eran 50% Simmental + 50% Brahman, 50% Charoláis + 50% Brahman y 50% Senepol + 50% Brahman.

Base de alimentación: Los animales del nacimiento hasta los siete meses de edad estaban con las madres. En este periodo, los terneros al convertirse en rumiantes pastorearon principalmente el pasto

Brachiaria humidicola con acceso a libre consumo de sal mineralizada. Posterior al destete pasaron a un área seleccionada para ellos donde reciben la misma base de alimentación hasta llegar a ser adultos. En la época seca fueron suplementados con ensilado de maíz y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) proteinada.

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

Modelos matemáticos: Los modelos seleccionados para evaluar y comparar el ajuste de la curva de crecimiento se presentan en el Cuadro 1. Los componentes de los modelos no-lineales utilizados son los siguientes: y = peso vivo del animal a la edad t ; t = edad del animal en días; a = peso adulto o asintótico en kg; b = constante de integración; c = pendiente de la curva relativa a la tasa de crecimiento en $\text{kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$. En estos modelos se considera el residual aleatorio con distribución normal e independiente.

CUADRO 1. ECUACIONES DE LOS MODELOS NO LINEALES UTILIZADOS PARA DESCRIBIR LA CURVA DE CRECIMIENTO DE ANIMALES CRUZADOS WAGYU-BRAHMAN.

Modelo	Ecuación
Brody	$y = a * (1 - b * e^{(-c * t)})$
Logístico	$y = a / (1 + b * e^{(-c * t)})$
Von Bertalanffy	$y = a * (1 - b * e^{(-c * t)})^3$
Gompertz	$y = a * (e^{(-b * e^{(-c * t)})})$

a = peso adulto o asintótico en kg; b = constante de integración;

c = tasa de crecimiento relativa al peso adulto en kg·kg·día⁻¹

Los datos fueron analizados a través de la estimación de parámetros utilizando modelos de regresión no lineales por el método de Marquardt (1963). El máximo número de convergencia fue establecido en 15. El proceso iterativo fue considerado haber convergencia cuando:

$$(SCE_{j-1} - SCE_j) / SCE_j + 10^{-6} < c$$

Donde:

SCE = suma de cuadrado del error después de haber fijado la función a los datos;

j = rondas de iteración;

c = 10⁻⁸.

La bondad de ajuste se evaluó de acuerdo a los criterios de Brown *et al.* 1976, De Assumpção *et al.* (2005) y Posada *et al.* (2011).

1.- Error de predicción promedio (EPP).

$$• EPP = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^t \frac{\left[\frac{po - pe}{po} \right] * 100}{nt}$$

Varianza del error de predicción.

$$• VEP = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^t (po - pe)^2 / nt$$

Calculados mediante las diferencias entre el peso observado (po) y el estimado (pe) en todas las pesadas por individuo (t) y en todos los individuos (n) evaluados.

2.- El coeficiente de determinación múltiple y ajustada.

$$• R^2 = [1 - (sce / sct)]$$

• sce = suma de cuadrado del error

• Sct = suma de cuadrado total corregido

$$• R^2_{aj} = [1 - (n - i)(1 - R^2)] / (n - k)$$

• i = 1 si hay intercepto

• k = número de parámetros del modelo

Estos coeficientes son estimados con base en la suma de cuadrado del error (sce), la suma de cuadrados total corregida (sct), el número de observaciones (n) y el número de parámetros (k) que contiene el modelo (De Assumpção *et al.* 2005).

3.- Para distinguir la capacidad de ajuste de cada uno de los modelos se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC) de acuerdo a Motulsky y Christopoulos (2003), Domínguez-Viveros *et al.* (2013); el cual combina teoría de máxima verosimilitud, información teórica y entropía de la información.

- $AIC = n * \ln(sce / n) + (2k + 1)$
- $\ln = \text{logaritmo natural}$

El modelo con el menor valor se considera como de ajuste mejor.

4.- Prueba de Durbin-Watson (Draper y Smith 1981).

Esta es una prueba en que los residuales de los modelos comparados son independientes. La hipótesis nula es $H_0: \rho = 0$ y $H_a: \rho > 0$. El valor d de la prueba Durbin-Watson se calcula con la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Donde $e_i = y_i - \hat{y}_i$; así como y_i e $\hat{y}_i$ son los valores observados y los valores predichos, respectivamente, del individuo i . Donde d llega a ser más pequeña en la medida que las correlaciones seriales

se incrementan. Para probar la $H_0: \rho > 0$, de acuerdo a Draper y Smith (1981) se utiliza un valor de d para una prueba de “upper-tailed” o d_U . Si $d > d_U$ no se rechaza la hipótesis nula.

5.- Cuadrado medio del error (CME).

El cual se calcula de la razón de la suma de cuadrados de los residuales o error entre su grado de libertad.

6.- Distribución de los residuos.

Los residuos fueron graficados frente a la edad, buscando determinar la magnitud en que los modelos sobre estiman o sub estiman ciertas secciones de la curva de peso corporal a través del tiempo, verificando con ello la constancia de la varianza del error. Los residuos de cada modelo fueron calculados como la diferencia entre los valores observados y los predichos ($e_i = y_i - \hat{y}_i$).

Para cada modelo se estimaron los parámetros de crecimiento y con ellos se derivaron los indicadores de crecimiento (Cuadro 2) como edad (EPI) y peso al punto de inflexión (PPI) y grado de madurez a los 540 días (GM540d) de acuerdo a Domínguez-Viveros *et al.* (2013). Con excepción del modelo de Brody no se pudo calcular EPI y PPI.

CUADRO 2. ECUACIONES PARA ESTIMAR LOS INDICADORES DE CRECIMIENTO: EDAD (días, EPI) Y PESO (kg, PPI) AL PUNTO DE INFLEXIÓN Y GRADO DE MADUREZ A LOS 540 DÍAS (GM540d).

Modelo	EPI	PPI	GM540d
Brody	-	-	$= (1 - b*(exp(-c*t)))$
Logístico	$t = \ln b / c$	$y = a / 2$	$= 1/(1+b*(exp(-c*t)))$
Von Bertalanffy	$t = \ln 3b / c$	$y = a*8 / 27$	$= (1 - b*(exp(-c*t)))^3$
Gompertz	$t = \ln b / c$	$y = a*exp-1$	$= exp(-b*(exp(-c*t)))$

a = peso adulto o asíntoto en kg; b = constante de integración;

c = tasa de crecimiento relativa al peso adulto en kg·kg·día⁻¹

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los errores de predicción promedio (EPP) fueron menores en el grupo 3R (Cuadro 3). Siendo más bajo en el modelo Brody en los F_1 (-9,451) y 3R (-6,143), pero mayor en el modelo Logístico (-23,897 en F_1 y -15,594 en 3R). Similar tendencia observaron Domínguez-Viveros *et al.* (2013) con bovinos Tropicane en donde el EPP con el modelo Brody fue -3,30 y con el modelo Logístico fue -10,05. Brasília y Silva (sf) con hembras Nelore en pastoreo, también reportaron que el valor de EPP del

modelo Brody fue menor (-3,816) que el modelo Logístico (-5,740). Una tendencia opuesta se reportó por Domínguez-Viveros *et al.* (2014) en donde los valores de EPP independiente del modelo fueron positivos. Para la raza Hereford, el menor valor de EPP se encontró en machos con el modelo Von Bertalanffy (3,40) y en hembras con el modelo Brody (2,85); sin embargo con el modelo Brody en la raza Salers los EPP fueron 1,66 y 2,76 para hembras y machos, respectivamente (Domínguez-Viveros *et al.* 2014).

CUADRO 3. CRITERIOS ESTIMADOS PARA COMPARAR EL AJUSTE DE LOS MODELOS.

Modelo	EPP F_1	VEP	AIC	R ²	R ² _{aj}	D-W	CME
Brody	-9,451	1253,8	995,0	0,915	0,912	1,535	1308,3
Logístico	-23,897	1946,0	998,0	0,934	0,932	1,592	2030,6
V.Bertalanffy	-15,850	1511,3	996,2	0,948	0,947	1,525	1577,0
Gompertz	-18,906	1634,8	996,7	0,944	0,943	1,529	1705,8
3R							
Brody	-6,143	1253,8	1439,6	0,913	0,911	1,670	1482,9
Logístico	-15,594	1946,0	1449,3	0,955	0,954	1,731	1802,6
V:Bertalanffy	-9,525	1511,3	1443,2	0,960	0,959	1,716	1593,7
Gompertz	-11,362	1634,8	1444,9	0,958	0,957	1,725	1652,8

EPP = error de predicción promedio; VEP = varianza del error de predicción; AIC = criterio de información de Akaike; R² = coeficiente de determinación múltiple; R²_{aj} = coeficiente de determinación múltiple ajustado.

D-W: prueba Durbin-Watson. Valores críticos: Para F_1 $d_u=1,48$; 3-R $d_u=1,60$ cuando $\alpha = 0,01$.

Con respecto a la VEP, los valores con el modelo Brody fueron los más bajos con 1253,8 con F_1 y 1438,9 con 3R y los mayores con el modelo Logístico con valores de 1946,0 para F_1 y 1749,0 para 3R (Cuadro 3). El signo del EPP expresa si la función estimada sobre estima (+) o subestima (-) los datos analizados. En este estudio, debido a que todos los valores fueron negativos, significa que hay una subestimación en los valores de los pesos, siendo más marcada en el modelo Logístico, seguido por el modelo Gompertz.

De acuerdo a Domínguez-Viveros *et al.* (2013) con datos de la raza Tropicarne, el modelo de Brody presentó la VEP menor con 2134,5 y el modelo Logístico mayor 2333,4. Por otra parte, Domínguez-Viveros *et al.* (2014) con datos de la raza Hereford, la VEP fue más baja en el modelo Von Bertalanffy con 1011,8 y 1494,5 para hembras y machos, respectivamente, pero para la raza Salers, las VEP bajas fueron para el modelo Brody con 550,3 y 1252,0 para hembras y machos, respectivamente.

Los valores de AIC fueron más bajos en el F_1 que en el 3R en los cuatro MNL (Cuadro 3). Sin embargo, el modelo de Brody fue el que presentó los valores más bajos de AIC con 995,0 en F_1 y 1429,6 en 3R. El modelo de Brody (Domínguez-

Viveros *et al.* 2013) también fue de bajo valor en AIC (189044) en ganado Tropicarne, comparado con Logístico (190192), Von Bertalanffy (189324) y Gompertz (189520). AIC bajos también se estimaron en el modelo Brody (256,396) comparado con los modelos Gompertz (266,720), Von Bertalanffy (264,280) y Logístico (270,870) de acuerdo a Forni *et al.* (2009) con la raza Nelore. Además, utilizando datos de las razas Hereford y Salers, Domínguez-Viveros *et al.* (2014) reportaron valores bajos de AIC de 12621,1 en hembras y 19949,5 en machos de la raza Hereford y de 37482,8 en hembras y 61123,3 en machos de la raza Salers con el modelo de Von Bertalanffy, siendo más bajos que los encontrados en los modelos Logístico, Brody y Gompertz para ambos sexos.

De acuerdo a los valores de R^2 y R^2_{aj} , los cuatro modelos explicaron la variación de los datos arriba del 91,0%. Los valores más altos de R^2 y R^2_{aj} se encontraron en el modelo de Von Bertalanffy (0,948 y 0,947, respectivamente para F_1 ; así como 0,960 y 0,959, respectivamente para 3R), mientras que los valores más bajos se encontraron en el modelo de Brody (0,915 y 0,912, respectivamente para F_1 ; así como 0,913 y 0,911, respectivamente para 3R). Estos valores son muy superiores a los reportados por Domínguez-Viveros *et al.* (2013), en su estudio con bovinos de la

raza Tropicarne en México, cuyos valores de R^2 estuvieron en el rango de 0,804 a 0,821 y de R^2_{aj} entre 0,803 a 0,813. Por otra parte, da Silva Marinho *et al.* (2013) en su estudio con Nelore, el R^2_{aj} fue 0,8916 con Brody y 0,8870 con Von Bertalanffy y para los valores de R^2 reportados de 0,8898, 0,8876, 0,8826 y 0,8864 para los modelos de Brody, Von Bertalanffy, Logístico y Gompertz, respectivamente (Brasão y Silva *et al.*). Por otra parte, valores altos de R^2_{aj} se reportaron por Marques da Silva *et al.* (2004) en estudio con la raza Nelore. Así para los modelos Brody, Gompertz, Logística y Von Bertalanffy los valores fueron 0,958; 0,931; 0,901 y 0,912, respectivamente. Valores altos de R^2_{aj} entre 0,941 a 0,991 con estos mismos modelos fueron reportados por Malhado *et al.* (2008) con Bufalinos de la raza Murrah en Brasil. Además, Posada *et al.* (2011), reportaron valores de R^2 muy altos como 0,9991; 0,9990; 0,9990 y 0,9990 para los MNL Logístico, Brody, Gompertz y Von Bertalanffy, respectivamente. En estos cinco estudios, el modelo de Brody fue el de mayor R^2 y R^2_{aj} .

Los valores de D-W en los F_1 variaron de 1,525 (modelo Von Bertalanffy) a 1,592 (modelo Logístico) y en los 3R variaron de 1,670 (modelo Brody) a 1,731 (modelo Logístico) debido a que $d > d_u$ o sea no es significativo ($P > 0,01$) no se

rechaza la hipótesis nula, lo que indica que no hubo problemas de autocorrelación en los residuales. Los valores de D-W reportados por Domínguez-Viveros *et al.* (2013, 2014) a pesar que los modelos correspondían a la edad expresada en meses, sus valores fueron menores a la unidad. Por lo tanto, $d < d_L$, lo cual muestra que la autocorrelación detectada fue positiva, indicando que la diferencia entre residuos fue muy pequeña y que el valor de D-W se aproximó a cero.

En el estudio de Domínguez-Viveros *et al.* (2014) con las razas Hereford y Salers, los valores de D-W también fueron menores a la unidad. Estos investigadores midieron el tiempo en meses de edad. Los valores D-W fueron mayores en la raza Hereford con rango de 0,227 en machos con el modelo Brody a 0,412 en hembras con el modelo Von Bertalanffy; por otra parte, en la raza Salers los valores D-W fluctuaron de 0,136 en machos a 0,170 en hembras, ambos, con el modelo Von Bertalanffy. Basado en Marques da Silva *et al.* (2004), los valores D-W fueron superiores a la unidad como en el presente estudio. Para los modelos Brody, Gompertz, Logístico, y Von Bertalanffy fueron 1,83; 1,57; 1,33 y 1,64. Estos valores no fueron significativos indicando ausencia de autocorrelación serial residual.

Debido a que la suma de cuadrados total (SCT) es siempre la misma para el conjunto de datos, el valor de la suma de cuadrados del error (SCE) depende exclusivamente del ajuste del modelo. Los modelos que representen mejor un conjunto de datos ofrecen mejores SCE, y por lo tanto, menores CME (Posada *et al.* 2011). Tomando en cuenta este criterio, todos los modelos del presente estudio pueden ser considerados válidos para describir la curva de crecimiento de animales cruzados Wagyu-Brahman en el intervalo de edad considerado en este estudio. Esta es la misma conclusión a que se llegó al considerar el R^2 y R^2_{aj} , los cuales están arriba del 91%.

De acuerdo al Cuadro 3, los valores del CME en los dos grupos raciales fueron más bajos en el modelo Brody, seguido con el modelo Von Bertalanffy. Los CME fueron menores a los reportados por Da Silva Merinho *et al.* (2013) con la raza Nelore, en donde el modelo Brody mostró el menor CME con 907,0, seguida por el modelo Von Bertalanffy con 945,4. Aun valores menores de CME fueron publicados por Posada *et al.* (2011) en donde el menor fue encontrado en el modelo Logístico con 71,24, seguido por Gompertz, Von Bertalanffy y Brody con valores de 73,42; 74,55 y 77,53, respectivamente, también con ganado Nelore.

Los estimados y su error estándar de los parámetros de las curvas de crecimiento evaluadas se detallan en el Cuadro 4. Los mayores pesos asintóticos (**a**) fueron estimados con el modelo Brody; así en el F_1 fue $354,5 \pm 13,0$ kg y en el 3R fue $36,1 \pm 11,2$ kg. La menor estimación del parámetro **a** se obtuvo en el modelo Logístico con $317,8 \pm 12,4$ kg en F_1 y $335,7 \pm 8,8$ kg en 3R. En los otros modelos también se observó que los 3R fueron más pesados que los F_1 a pesar que ambos grupos tienen 100% de heterosis, pero los 3R tienen mayores efectos raciales al combinar tres razas. Tomando en cuenta estos cuatro MNL, de acuerdo a Marques da Silva *et al.* (2004), el modelo de Brody tuvo el mayor valor de **a** con $428,73 \pm 7,23$ kg y la menor estimación con el modelo Logístico con $358,88 \pm 5,56$ kg en el ganado Nelore. En estudio con esta misma raza, Posada *et al.* (2011) reportaron que el mayor peso asintótico se estimó con el modelo Brody con $923,5 \pm 162,30$ kg y en menor con el modelo Logístico con $563,1 \pm 21,03$ kg. También con la raza Nelore, Da Silva Marinho *et al.* (2013), con el modelo Brody el parámetro **a** fue $384,60 \pm 1,63$ kg y con el modelo Von Bertalanffy fue $313,41 \pm 0,70$ kg.

CUADRO 4. ESTIMADOS DE LOS PARÁMETROS DE LA CURVA DE CRECIMIENTO.

Modelo	a ± e.e. F ₁	b ± e.e.	c ± e.e.
Brody	354,5 ± 13,0	0,9028 ± 0,0159	0,00299 ± 0,00035
Logístico	317,8 ± 12,0	6,4692 ± 1,1581	0,01160 ± 0,00142
V.Bertalanffy	338,2 ± 12,3	0,5164 ± 0,0252	0,00508 ± 0,00057
Gompertz	332,4 ± 12,3	2,1186 ± 0,1541	0,00636 ± 0,00072
	3R		
Brody	363,1 ± 11,2	0,9070 ± 0,0154	0,00287 ± 0,00028
Logístico	335,7 ± 8,8	6,9915 ± 1,0545	0,01030 ± 0,00094
V.Bertalanffy	347,8 ± 9,5	0,5266 ± 0,0236	0,00483 ± 0,00042
Gompertz	343,2 ± 9,2	2,1886 ± 0,1436	0,00601 ± 0,00052

a = peso adulto o asintótico en kg; b = constante de integración;

c = tasa de crecimiento relativa al peso adulto o tasa de maduración en kg.kg⁻¹.día⁻¹

En ganado Tropicarne, Domínguez-Viveros *et al.* (2013) encontraron que el peso asintótico fue mayor con el modelo Brody (494,90±6,08 kg) y el menor con el modelo Logístico (361,00±1,42 kg). Por otro lado, Majid *et al.* (1996) reportaron valores del parámetro **a** de 444,43 kg en machos y 472,02 kg en hembras Brahman con el modelo Brody, valores de 406,25 kg en machos y 411,76 kg en hembras con el modelo Von Bertalanffy, valores de 384,66 kg en machos y 335,36 en hembras con el modelo Gompertz y valores 380,07 kg en machos y 374,02 kg con el modelo Logístico. En los primeros dos modelos los valores de **a** son mayores en hembras que en machos y lo contrario con los dos últimos modelos. También con ganado Nelore, Brasão y Silva (sf) reportaron que el parámetro **a** fue mayor con el modelo

Brody (419,70±4,43 kg) y menor con el modelo Gompertz (314,6±1,82 kg).

El parámetro **b** es la constante de integración. Esta constante fue mayor en los animales 3R que en los F₁, independientemente del modelo utilizado (Cuadro 4). Entre los MNL, el mayor valor se encontró en el modelo Logístico con 6,4692±1,1581 en F₁ y 6,9915±1,0545 en 3R y el menor valor con el modelo Von Bertalanffy con 0,5164±0,0252 con F₁ y 0,5266±0,0236 con 3R. Posada *et al.* (2011) reportó también que el parámetro **b** fue mayor en el modelo Logístico (9,6296±0,7437) y menor con el modelo Von Bertalanffy (0,7601±0,0477) con el ganado Nelore en confinamiento. La misma tendencia se reportó por Brasão y Silva (sf) en hembras Nelore, en donde el

valor mayor de **b** se estimó con el modelo Logístico ($3,8310 \pm 0,0297$) y menor con el modelo Von Bertalanffy ($0,4776 \pm 0,0016$); así como lo reportado por Marques da Silva *et al.* (2004) en bovinos Nelore con $5,59 \pm 0,06$ con el modelo Logístico y $0,51 \pm 0,002$ con el modelo Von Bertalanffy.

El parámetro **b** estimado fue mayor con el método Logístico en hembras Brahman (3,7109) y machos Brahman (4,0375), pero fue menor con el modelo Gompertz (0.2034) con machos Brahman y con el modelo Von Bertalanffy (0,4655) con hembras Brahman (Majid *et al.* 1996). En vacas Nelore, el parámetro **b** fue mayor con el modelo Brody ($0,9192 \pm 0,0005$) y menor con el modelo Von Bertalanffy ($0,5153 \pm 0,0008$). Un valor mucho mayor de **b** fue reportado por Domínguez-Viveros *et al.* (2013) con el modelo Logístico ($50,53 \pm 2,11$), pero menor con el modelo Brody ($1,59 \pm 0,02$) en ganado Tropicarne.

El parámetro **c** es la tasa de maduración en $\text{kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ fue mayor en los F_1 que en los 3R, independientemente del MNL (Cuadro 4). Otros autores han reportado la tasa de maduración en $\text{kg.kg}^{-1}.\text{mes}^{-1}$ por lo que hay que prestar atención a su interpretación. En los animales F_1 la mayor tasa de maduración (valor de **c**) se estimó con el modelo Logístico ($0,0116 \pm 0,0014 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y el menor con el modelo

Brody ($0,00299 \pm 0,00035 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y en los 3R con el modelo Logístico fue mayor con $0,0103 \pm 0,0009 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y menor con el modelo Brody el cual fue $0,00287 \pm 0,00028 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Marques da Silva *et al.* (2004) en ganado Nelore reportaron que el modelo Von Bertalanffy estimó mayor tasa de maduración ($0,018 \pm 0,015 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) y menor con el modelo Brody $0,002 \pm 0,00004 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Sin embargo, en ganado Tropicarne (Domínguez-Viveros *et al.* 2013) la mayor tasa de maduración se estimó con el modelo Logístico ($0,2211 \pm 0,0026 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{mes}^{-1}$) y la menor con el modelo Brody ($0,0544 \pm 0,0012 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{mes}^{-1}$).

Menores tasas de maduración a las ya reportadas fueron estimadas con ganado Nelore en pastoreo por Da Silva Marinho *et al.* (2013) en donde el parámetro **c** fue $0,0045 \pm 0,0002 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con el modelo Von Bertalanffy y $0,0022 \pm 0,00002 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ con el modelo Brody. También en el ganado hembra Nelore (Brasão y Silva, *sf*), la mayor tasa de maduración se estimó con el modelo Logístico con $0,00655 \pm 0,0001 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y menor tasa de maduración con el modelo Brody con $0,00196 \pm 0,00001 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$. De acuerdo a Majid *et al.* (1996) con machos Brahman y con el modelo Logístico la mayor tasa de maduración fue $0,0050 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y en hembras Brahman fue $0,0041 \text{ kg.kg}^{-1}.\text{día}^{-1}$. La menor tasa de maduración se estimó

con el modelo Gompertz con 0,0007 kg.kg⁻¹.día⁻¹ en machos Brahman y 0,0013 kg.kg⁻¹.d⁻¹ en hembras Brahman.

Valores de la tasa de maduración muy similares a los encontrados en este estudio los reportaron Posada *et al.* (2011), con animales Nelore en confinamiento, en donde la menor tasa de maduración fue 0,0010±0,00028 kg.kg⁻¹. día⁻¹ con el modelo Brody y la mayor tasa de maduración con el modelo Logístico (0,0046±0,00029 kg.kg⁻¹.día⁻¹). Tomando en cuenta los valores de **a** y **c**, se confirma la correlación negativa reportada por Posada *et al.* (2011) entre el peso maduro asintótico (**a**) y la tasa de maduración (**c**). Desde el punto de vista genético, Silva *et al.* (2002) sostienen que la correlación genética entre los valores de **a** y **c** indican un antagonismo entre las estimativas de esos parámetros, por tanto, al seleccionar

animales buscando mayor tasa de madurez (más precoces), se obtienen animales de menor peso adulto. Posada *et al.* (2011) también señalan que las mayores estimativas para **a** y las menores estimativas para **c** está indicando que los animales que alcanzarán peso asintótico en edad más avanzada en razón de su desarrollo lento.

Los valores de EPI y PPI fueron mayores en los 3R que en los F₁ de acuerdo al Cuadro 5. La edad al punto de inflexión (EPI) se alcanzó más temprano con el modelo Von Bertalanffy tanto en animales F₁ como en los 3R. En los F₁ la EPI se alcanzó a los 86,2 días, siendo 31,8 días y 74,7 días más temprano que en los modelos Gompertz y Logístico, respetivamente. Sin embargo, en los animales 3R, el EPI fue a los 94,7 días siendo 8,5 días más tarde que los F₁ con el

CUADRO 5. ESTIMADOS DE LOS INDICADORES DE CRECIMIENTO.

Modelo	EPI, días F ₁	PPI, kg	GM540d, días
Brody	-	-	0,820
Logístico	160,9	158,9	0,988
Von Bertalanffy	86,2	100,2	0,904
Gompertz	118,0	122,3	0,934
	3R		
Brody	-	-	0,807
Logístico	188,8	167,8	0,974
Von Bertalanffy	94,7	103,0	0,888
Gompertz	130,3	126,3	0,918

EPI = edad al punto de inflexión; PPI = peso al punto de inflexión;
GM540d = grado de madurez a 540 días de edad

modelo Von Bertalanffy. Con este modelo, el EPI fue 35,6 días y 94,1 días más temprano que con los modelos Gompertz y Logístico, respectivamente.

De acuerdo a Domínguez-Viveros *et al.* (2014) con animales de la raza Hereford, tanto en hembras como en machos la EPI fue más temprana con el modelo Von Bertalanffy con 3,5 meses (105 días) y 4,15 meses (124,5 días), respectivamente. Con el modelo logístico, las hembras Hereford alcanzaron la EPI a los 5,39 meses (161,7 días) y en los machos a los 5,81 meses (174,3 días), pero EPI intermedias se estimaron con el modelo Gompertz de 4,22 meses (126,6 días) en las hembras y 4,78 meses (143,4 días) en los machos. Este estudio también contempló animales de la raza Salers.

Similarmente, las menores EPI se estimaron con el modelo Von Bertalanffy. Las hembras alcanzaron la EPI a los 2,10 meses (63,0 días) y los machos a los 3,21 meses (96,3 días). Con el modelo Logístico, la EPI fue más tardía con 4,28 meses (128,4 días) en las hembras y 5,38 meses (161,4 días) en los machos y con el modelo Gompertz la EPI tuvieron valores intermedios; así para las hembras fue 2,90 meses (87,0 días) y 4,04 meses (121,2 días) para los machos. Las hembras siempre alcanzaron la EPI más temprano. Por otra parte, con

el ganado Tropicarne Domínguez-Viveros *et al.* (2013) también reportaron que con el modelo Von Bertalanffy las EPI fueron más tempranas. El valor de EPI fue 4,21 meses (126,3 días), seguido por el modelo Gompertz con 5,51 meses (165,3 días) y por el modelo Logístico con 7,74 meses (232,2 días). Los valores de EPI para los dos grupos raciales del presente estudio están dentro de los rangos de los valores reportados en estos previos estudios.

El PPI fue mayor en los animales 3R, independientemente del MNL (Cuadro 5). El mayor PPI en los F_1 se estimó con el modelo Logístico con 160,95 kg, seguido por el modelo Gompertz con 118,04 kg y por el modelo Von Bertalanffy con 86,17 kg. Por otra parte, en los animales 3R, el mayor PPI se reportó con el modelo Logístico con 188,80 kg, pesando 58,48 kg más que con el modelo Gompertz y 85,75 kg más que con el modelo Von Bertalanffy. Los mayores PPI de la raza Hereford se reportaron por Domínguez-Viveros *et al.* (2014) en hembras y machos con valores de 158,85 kg y 176,85 kg con el modelo Logístico, respectivamente.

Los valores de PPI para hembras y machos Hereford para el modelo Von Bertalanffy y Gompertz fueron 118,25 kg y 138,43 kg; y 133,68 kg y 152,67 kg, respectivamente. Por otro lado, con la raza Salers, los mayores PPI fueron

con el modelo Logístico para hembras y machos con 132,76 kg y 163,10 kg, respectivamente; seguido por el modelo Gompertz con 105,32 kg y 133,91 kg para hembras y machos respectivamente. Los menores PPI fueron con el modelo Von Bertalanffy con 88,44 kg y 115,97 kg para hembras y machos, respectivamente.

El grado de madurez a los 540 días (GM540d) fue mayor con el modelo Logístico tanto en los F_1 (0,988) como en los 3R (0,974) (Cuadro 5); le sigue el modelo Gompertz con GM540d de 0,934 y 0,918 con los F_1 y 3R, respectivamente. En el modelo Von Bertalanffy se estimó un GM540d de 0,903 y 0,888, mientras que con el modelo Brody se estimaron los GM540d más bajos con 0,820 y 0,807 para los mismos grupos raciales, respectivamente. Domínguez-Viveros *et al.* (2013) también encontraron que con el modelo Logístico se alcanzaron las más altas GM540d en el ganado Tropicarne con 0,906, también le siguió el modelo Gompertz con 0,839, modelo Von Bertalanffy con 0,798 y el modelo Brody con 0,652.

Los cuatro MNL ajustan bien los datos de crecimiento de animales cruzados Wagyu-Brahman bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo, de acuerdo a las Figuras 1 y 2. Observando las gráficas, todas las funciones presentaron comportamiento similar en el ajuste de

los datos de campo en el período de edad contemplado. Ninguna función fue superior por presentar mayor variación de los residuos (Figura 1). Se detecta que el peso de los animales tanto F_1 como 3R fue tanto sobreestimado como subestimado en todo el intervalo de edad.

El modelo Brody mostró el mejor ajuste en los dos grupos raciales porque tuvo los valores más bajos del criterio AIC, menor cuadrado medio del error (CME), menor error de predicción promedio (EPP), menor varianza del error de predicción (VEP); aunado a que su R^2 y R^2_{aj} están arriba del 90% y no existió autocorrelación entre los residuales (D-W). Por otra parte, la curva tipo sigmoidea de otras rezas reportadas en la literatura no se manifestó en este estudio. Más bien se observa una ligera curvatura inicial con una tendencia a la meseta o plateau. Además, sus residuales estuvieron menos dispersos que los observados en los otros modelos (Figura 2). También la escogencia del modelo Brody se basó en la coherencia biológica de los parámetros estimados, tomando como referencia valores reportados en la literatura. Autores como Posada *et al.* (2011), Da Silva Marinho *et al.* (2013) y Domínguez-Viveros *et al.* (2013, 2014) han concluido en sus estudios que el modelo Brody es el que mejor ajustó sus datos. Sin embargo a diferencia de estos estudios las curvas

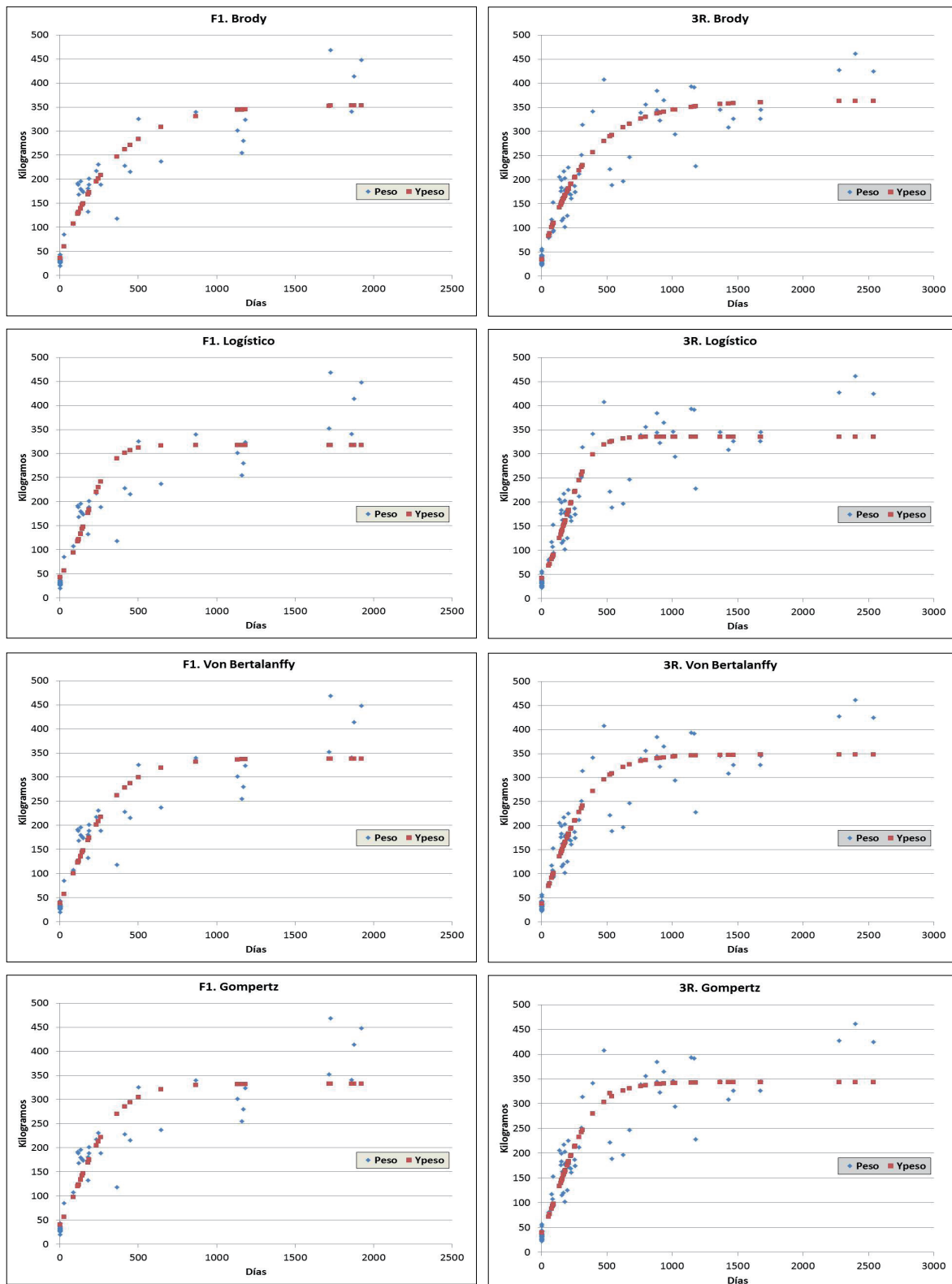


Figura 1. Valores predichos y estimados del peso vivo (kg) de animales F₁ y 3R con los modelos de Brody, Logístico, Von Bertalanffy y Gompertz.

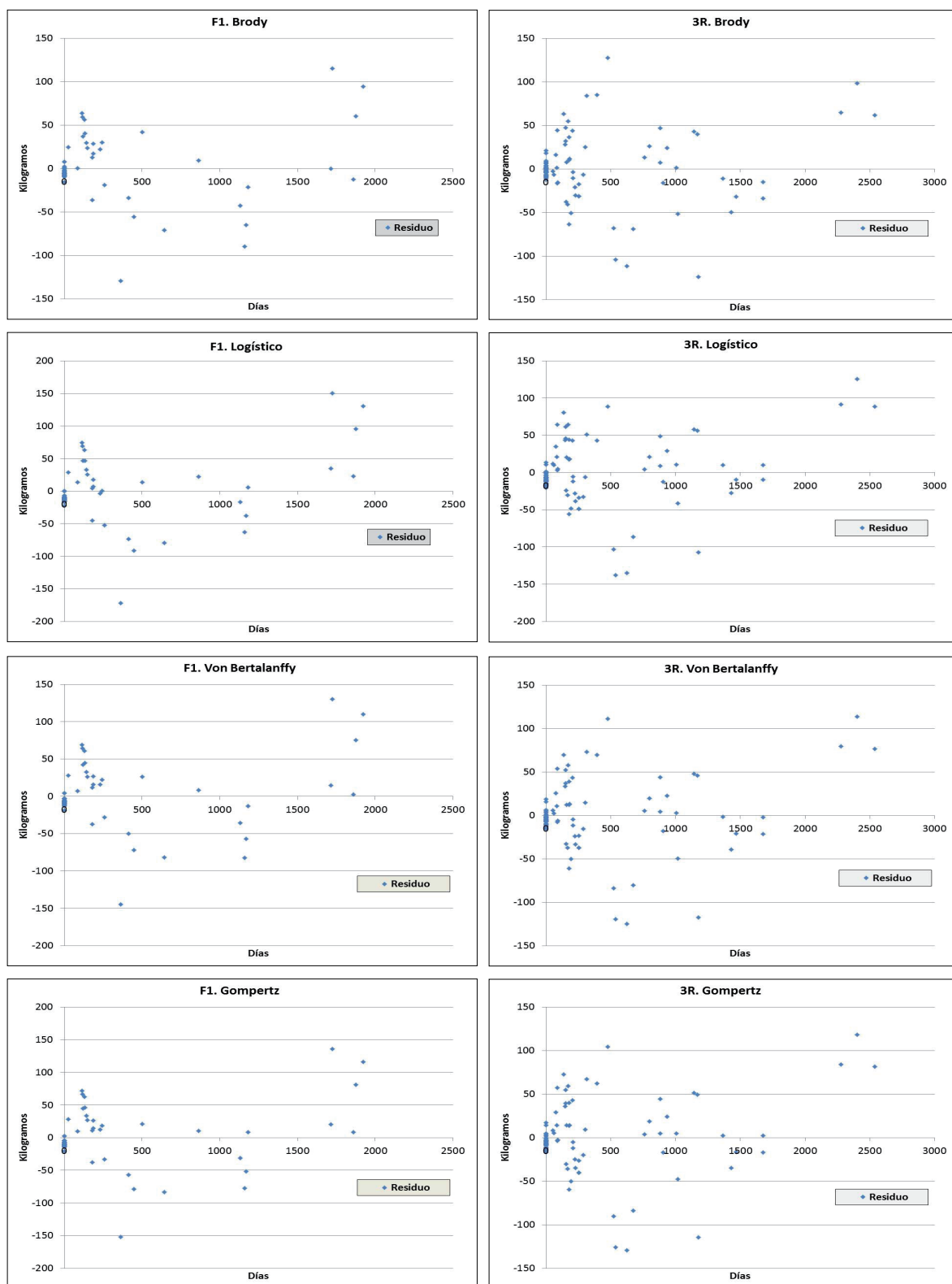


Figura 2. Dispersión de los residuales de los modelos de Brody, Logístico, Von Bertalanffy y Gompertz para animales F₁ y 3R.

de los MNL no fueron de tipo sigmoideo y quizás el periodo de destete de siete a ocho meses y los animales estén alcanzando el punto de inflexión cuando han obtenido el 40% del peso adulto (Domínguez-Viveros *et al.* 2013).

Con relación a la distribución de los residuales, Bergamasco *et al.* (2001) y Posada *et al.* (2011) indicaron que modelos que presenten distribución alternada en cortos intervalos de tiempo son más deseables que aquellos que la exhiban en intervalos más largos. Además, indican que la independencia de los términos de error asigna la mayor capacidad de ajuste los modelos que registran la menor correlación entre residuos sobre el tiempo. En el presente estudio no existió autocorrelación serial de primer orden entre residuos, lo cual permite concluir que los modelos aproximaron los datos con pequeños errores sistemáticos. Además, los valores d de la prueba Durbin-Watson permitieron aceptar la hipótesis nula, por lo que la autocorrelación entre los residuos es cero.

CONCLUSIONES

- En el presente estudio no existió autocorrelación serial de primer orden entre residuos, por lo cual, los modelos aproximan los datos con pequeños errores sistemáticos. Además, los valores d de la prueba Durbin-Watson

permitieron aceptar la hipótesis nula, por lo que la autocorrelación entre los residuos es cero.

- Todos los modelos evaluados ajustaron apropiadamente los datos peso-edad de animales cruzados Wagyu-Brahman (F_1 y 3R) con fines descriptivos y predictivos del crecimiento.
- Por la interpretación biológica de los parámetros, el modelo Brody fue el que mejor describió el crecimiento de los bovinos bajo condiciones de pastoreo en el trópico húmedo panameño. En los cuatro MNL, los tipos de curvas no se ajustaron al tipo sigmoideo, característica reportada en otras razas de bovinos para carne. El tipo de curva de crecimiento es de tipo meseta o de tipo curva lineal plateau.

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, JA; Van Vleck, LD. 2002. Size of beef cow: early ideas, new developments. *Genetics Molecular Research* 1:51.
- Beltán, JJ; Butts, WT; Olson, TA; Koger, M. 1992. Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. *Journal of Animal Science* 70:734.

- Bergamasco, AF; Aquino, LH; Muniz, JA. 2001. Estudo da curva de crescimento de fêmeas da raça Holandesa. *Ciência Agrotecnica* 25:235-242.
- Brasão, LC; Silva, HD. sf. Ajuste de modelos não lineares à curva de crescimento média de fêmeas da raça Nelore (en línea). Consultado 21 jul. 2016. Disponible en <http://www.posgraduacao.ufla.br/gauss/congresso/11seagro/conteudo/arquivos/83.pdf>
- Brown, JE; Fitzhugh Jr, A; Cartwright, TC. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science* 42:810.
- Da Silva Marinho, KN; Ribeiro de Freitas, A; Da Silva Falcão, AJ; Ferreira Dias, FE. 2013. Nonlinear models for fitting growth curves of Nellore cows reared in the Amazon Biome. *Revista Brasileira de Zootectina* 42:645.
- De Assumpção M, AR; Augusto M, J; Fonseca S, F; Henrique A, L. 2005. Curva de crescimento de novinhos Hereford: heterocedasticidade e residuos autorregressivos. *Ciência Rural Santa María* 35:422.
- DeNise K, RS; Binks, JS. 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *Journal of Animal Science* 61:1431.
- Domínguez-Viveros, J; Rodríguez-Almeida, FA; Núñez-Domínguez, R; Ramírez-Valverde, R; Ortega-Gutiérrez, JA; Ruíz-Flores, A. 2013. Ajuste de modelos no lineales y estimación de parámetros de crecimiento en bovinos Tropicarne. *Agrociencia* 47:25.
- Domínguez-Viveros, J; Ortega-Gutiérrez, JA; Rodríguez-Almeida, FA; Callejas-Juárez, N; Águila-Palma, NG; Santillán-Moreno, E. 2014. Ajuste de modelos no lineales para caracterizar el crecimiento de bovinos Hereford y Salers. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias-LUZ* 24(5):436.
- Doren, PE; Baker, JF; Long, CR; Cartwright, TC. 1989. Estimating parameters of growth curves of bulls. *Journal of Animal Science* 67:1431.
- Draper, NR; Smith, H. 1981. Applied regression analysis. 2nd Edition. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. John Wiley & Sons, Inc. USA. 709 p.

- Fitzhugh Jr, HA. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of Animal Science* 42:1036.
- Forni, S; Piles, M; Blasco, A; Varona, L; Oliveira, HN; Lôbo, RB; Albuquerque, LG. 2009. Comparison of different nonlinear functions to describe Nelore cattle growth. *Journal of Animal Science* 87:496.
- Freitas, AR. 2005. Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:786.
- Garnero, A del V; Marcondes, CR; Bezerra, LAF. 2005. Parâmetros genéticos du taza de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* 57(5):652.
- Majid, AM; Yai, BT; Teoh, TP; Yusoff, AR. 1996. Fitting nonlinear functions to the growth curves of three genotypes of beef cattle. *In* 2nd National Congress on Genetics. Genetics Society of Malaysia.
- Malhado, CHM; Ramos, AA; Carneiro, PCS; Souza, JC; Wechsler, FS; Eler, JP; Azevêdo, DMMR; Sereno, JRB. 2008. Modelos no lineales para describir el crecimiento de Bufalinos de la raza Murrah. *Archivos de Zootecnia* 57:497.
- Marquardt, DW. 1963. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society of Industry Applied Mathematics* 11:431.
- Marques da Silva, NA; De Aquino, LH; Fonseca e Silva, F; Gomes de Oliveira, AI. 2004. Curvas de crescimento e influência de factores não-genético sobre as taxas de crescimento de bovinos de raça Nelore. *Ciencia Agrotecnia, Lavras* 28:647.
- Morrow, RE; McLaren, JB; Butts, WT. 1978. Effect of age on estimates of bovine growth-curve parameters. *Journal of Animal Science* 47:352.
- Motulsky, HJ; Christopoulos, A. 2003. Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression (en linea). A practical guide to curve fitting. Graph Pad Software Inc. San Diego, CA, USA. 352 p. Disponible en <http://www.mc5068.wustl.edu/MCB/Lecturers/Baranski/Articles/RegressionBook.pdf>
- Oliveira, HN; Lôbo, RB; Pereira, CS. 2000. Comparação de modelos

- não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Gizerá. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35:1843.
- Owens, FN; Dubeski, P; Hanson, CF. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of Animal Science 71:3138.
- Posada O, S; Rosero N, R; Rodríguez, N; Costa, A. 2011. Estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nelore criado en confinamiento. Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia Córdoba 16(3):2701.
- Pinzón, B; Montenegro, R; Santamaría, E. 2005. Respuesta de *Brachiaria decumbens* cv. Señal a la aplicación fraccionada de nitrógeno en condiciones de Gualaca, Panamá. 2001-2003. Revista Ciencia Agropecuaria 18:95.
- Ribeiro de Freitas, A. 2005. Curvas de crescimento em produção animal. Revista Brasileira de Zootecnia 34:786.
- Silva, FF; Aquino, LH; Oliveira, AI. 2002. Estimativas de parâmetros genéticos de curva de crescimento de gado Nelore (*Bos indicus*). Ciência Agrotecnica. (Edição Especial):1562.
- Silva, FF; Aquino, LH; Oliveira, AI. 2001. Influência de factores genéticos e ambientais sobre as estimativas dos parâmetros das funções de crescimento em gado Nelore. Ciência Agrotecnica 25:1195.
- Souza, LA; Caires, DN; Carneiro, PLS. 2010. Curvas de crescimento em bovinos da raça Indubrasil criados no Estado do Sergipe. Revista Ciência Agronômica 41:671.

TIPIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS FINCAS GANADERAS DEL DISTRITO DE GUALACA, CHIRIQUÍ - PANAMÁ¹

Pedro Guerra-Martínez²; Flor Yarel Cedeño-Ureña³; Ricaurte Alcides Quiel-Batista⁴

RESUMEN

Los objetivos fueron tipificar y caracterizar pequeñas y medianas fincas ganaderas del distrito de Gualaca (Chiriquí) considerando la existencia y manejo de los recursos, índices zootécnicos, económicos y socio-culturales. Los datos provienen de un diagnóstico estático realizado en 20 fincas del sistema vaca-ternero. La información se analizó por Análisis de Componente Principal (ACP), Análisis de Conglomerados (AC) y Análisis Discriminante (AD). Se escogieron *a priori* 34 variables sobre aspectos socio-económicos, recursos de la finca, suplementación alimenticia, genéticos, manejo, pastura, salud del hato y producción. Posteriormente, quedaron 12 variables con coeficiente de variación >45%. Del ACP se identificaron cuatro componentes principales representando el 71,7% de la variación total. Las fincas se agruparon en tres grupos por medio de AC y por AD permitió probabilísticamente el agrupamiento final de las fincas (A, B y C). El grupo A (ocho fincas) posee mayor área total (77,5 ha), tamaño del hato (72,5 cabezas), área de pastos (54,3 ha), relación área de pasto: área total (74,7%), mortalidad de terneros (10,9%) y monto prestado (B/. 118,250,00). El grupo B (nueve fincas) reportó mayores años de experiencia (55,9 años), edad al primer parto (32,0 meses), peso vivo al destete (178,6 kg), kilogramos de ternero vendido (1869,0 kg), kilogramos-ternero-destetado/vaca-expuesta-toro (74,4 kg) y kilogramos-ternero-destetado/área-pasto (155,0 kg). El grupo C (tres fincas) no posee área de bosque, pero reporta mayor UA/ha (1,673), natalidad (51,9%), descarte de vacas (12,1%), valor de la hectárea (B/.7222,2), valor de la finca (B/.214 166,70), Ingreso total (B/.5 700,00), ingreso/ha (B/.190,10) e ingreso/ha-pasto (B/.429,30). Se concluye que existe heterogeneidad entre las fincas estudiadas y las técnicas multivariadas permitieron describir y entender la mejor complejidad y diversidad de las fincas agrupadas en unidades homogéneas.

PALABRAS CLAVES: Manejo de los recursos, índices zootécnicos, económicos y socioculturales, análisis multivariado.

¹Recepción: 23 de septiembre de 2016. Aceptación: 3 de octubre de 2016. Proyecto de Desarrollo de una Sociedad del Conocimiento en el Sistema Vaca-Ternero y Doble Propósito para Pequeños y Medianos Ganaderos de Panamá y Darién.

²M.Sc. en Mejoramiento Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).

Teléfono (507)6404-2518. e-mail: pedroguerram16@gmail.com

³Ing. Agr Zootecnista. Estudiante Graduada. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá.

⁴M.Sc. en Manejo de Recursos Naturales. IDIAP. CIAOc.

TYPIFICATION AND CHARACTERIZATION OF SMALL AND MEDIUM LIVESTOCK FARMS FROM THE DISTRICT OF GUALACA, CHIRIQUÍ - PANAMA

ABSTRACT

The objectives were typify and characterize small and medium livestock farms of Gualaca district (Chiriqui) taking account the existence and management of the resources, livestock, economic and social-cultural indexes. Data came from a static diagnostic realized on 20 cow-calf system farms. The information was analyzed by Principal Component (ACP), Cluster (AC) and Discriminant (AD) procedures. It was taken *a priori* 34 variables related to socio-economic, farm resources, feed supplementation, genetics, management, pastures, herd health and production aspects. There were considered 12 variables with coefficient of variation >45%. From ACP were identified four principal components representing the 71,7% of the total variance. Farms were grouped into three groups by the AC and the AD allowed probabilistically the final grouping of the farms (A, B and C). Group A (eight farms) has higher total area (77,5 ha), herd size (72,5 heads), pasture area (54,3 ha), pasture-farm area ratio (74,7%), calf mortality (10,9%) and money loaned (B/.118 250,00). Group B (nine farms) reported higher experience years (55,9 years), age at first calving (32,0 months), weaning live weight (178,6 kg), sold calf kilos (1 869,0), weaned calf kilos/cow exposed to bull (74,4 kg) and weaned calf kilos/pasture-area (155,0 kg). Group C (three farms) has no forest area but reported higher UA/ha (1,673), calving rate (51,9%), cow disposable rate (12,1%), hectare value (B/.7 222,22), farm value (B/. 214 166,70), total income (B/.5 700,00), income/ha (B/.190,10), income/pasture-ha (B/.429,30). It was conclude that exists heterogeneity among studied livestock farms and the multivariate techniques allowed describe and understand much better the complexity of the farms grouped into homogenous groups.

KEY WORDS: Resources management, zootechnic indexes, economics, socio-cultural, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

La Investigación en Sistemas de Finca (ISF) se basó en que la oferta tecnológica no era pertinente a las condiciones físico-biológicas, socio-económicas, histórico-culturales que determinan la estructura y funcionamiento de las pequeñas y medianas fincas (Escobar y Berdagué 1990 y Dufumier 1990). El IDIAP entendió esta realidad

y en el período 1978-1991 ejecutó exitosamente un Proyecto sobre Mejoramiento de Pequeñas y Medianas Fincas del Sistema Doble Propósito en cinco áreas (Gualaca Alto, Gualaca Bajo, Bugaba Medio, Bugaba Bajo y Los Santos) con financiamiento del Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (CIID) del Canadá (IDIAP-CIID 1991).

La complejidad de las fincas agropecuarias exige modelos de análisis que, por definición, son representación de la realidad. Esta representatividad de estos modelos presenta dificultades debido a que éstos se construyen a partir de un grupo grande y heterogéneo de fincas. Para poder entender esta complejidad de finca es necesario usar técnicas de Análisis Multivariado a fin de agrupar fincas en conglomerados similares para facilitar la construcción de modelos representativos de la realidad.

Los estudios de ISF buscan conocer y entender esa complejidad en el funcionamiento de las fincas (en los componentes del sistema y sus interacciones) y en la toma de decisiones que hacen los ganaderos sobre el uso de sus recursos para enfrentar sus limitaciones y problemas (Escobar 1995). La mayoría de los estudios ejecutados en Panamá se basaban en que las fincas, objetivos del estudio, eran homogéneas y las tecnologías generadas funcionarían perfectamente en ellas. Sin embargo, se encontró la existencia de una heterogeneidad entre fincas y que las tecnologías que solucionarían los problemas a un grupo de finca, no funcionaron en otro grupo de fincas, principalmente por situaciones socio-económicas propias de cada grupo. Un estudio de Guerra M y González (1998),

demonstraron que existen estratos de fincas doble propósito poseedoras de características muy específicas que las hacen diferentes. La tipificación y caracterización de estas fincas permitió entender su complejidad en funcionamiento; así como sus limitantes y prioridades de sus problemas. La caracterización es una descripción de las características principales y las múltiples interrelaciones entre ellas. Por otro lado, la tipificación es el establecimiento y construcción de grupos posibles basados en las características observadas en la realidad. La caracterización y tipificación son herramientas necesarias para comprender la realidad y adecuar los programas y proyectos de generación y difusión de tecnologías (Calvo e Icaza 1986).

Actualmente en el IDIAP se desarrolla el Proyecto de Desarrollo de una Sociedad del Conocimiento en el Sistema Vaca-Ternero y Doble Propósito para Pequeños y Medianos Ganaderos de Panamá. En el área de Paja de Sombrero (Gualaca, Chiriquí) se trabaja con un grupo de pequeños y medianos ganaderos, cuyas fincas muestran mucha heterogeneidad, por lo que el presente estudio tuvo como objetivo tipificar y caracterizar las fincas involucradas a través de técnicas de análisis multivariado para comprender su realidad y dirigir

mejor la generación y difusión tecnológica propia de cada estrato de finca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se utilizó en este estudio se tomó de estudios previos de Calvo e Icaza (1986), Benitez *et al.* (2008) y Vargas *et al.* (2011), entre otros.

Sitio de estudio: El estudio se realizó en el 2011, en los Corregimientos de Paja de Sombrero, Gualaca y Los Ángeles del distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí y sus comunidades a saber: Paja de Sombrero, Bajo Méndez, La Esperanza, La Palma, Gualaca Cabecera y Los Ángeles.

Objetos de estudio: Son fincas pequeñas y medianas de ganaderos colaboradores pertenecientes a la Asociación de Pequeños y Medianos Ganaderos de Paja de Sombrero (ASOPEGA), la cual mantiene un Convenio con el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Número de colaboradores: Para la realización del presente estudio se contó con todos los 20 ganaderos colaboradores de ASOPEGA distribuidos así: dos fincas en Gualaca cabecera, dos en La Esperanza, una en Los Ángeles, nueve en Paja de Sombrero, cuatro en Bajo Méndez y dos en La Palma.

Datos meteorológicos: Debido a que las fincas objeto de estudio estuvieron entre la zona alta y baja del distrito de Gualaca se tomaron los registros meteorológicos de dos Estaciones de la Empresa ETESA (2013). La Estación Gualaca II está ubicada a 100 msnm a una latitud de 8°31'00" y longitud de 82°18'00" y la Estación Paja de Sombrero ubicada a 338 msnm a una latitud de 8°41'00" y longitud de 82°19'00". Los datos de la Estación Gualaca II son promedios de 18 años de registros, mientras que los datos de la Estación Paja de Sombrero son de 43 años.

El Índice Temperatura-Humedad (ITH) relaciona la temperatura ambiental en grados centígrados y la humedad relativa en porcentaje y ha sido utilizado por Vargas *et al.* (2011) en su estudio de tipificación de fincas ganaderas de Ecuador. Debido a que el presente estudio se relaciona con la actividad ganadera, el ITH es un excelente indicador de zona de estrés calórico donde interactúa el bovino, o sea indica si la zona donde se desarrolla la actividad ganadera es de ligero, moderado o severo estrés calórico. El ITH no ajustado y ITH ajustado ($ITH_{ajust.}$) se calculan de acuerdo a la metodología de Mader *et al.* (2005).

Explotaciones y existencia de ganado bovino en el distrito de Gualaca: El distrito de Gualaca se dedica

a la actividad ganadera, predominando el Sistema Vaca-Ternero⁵. El número de explotaciones y existencia de ganado bovino varía marcadamente de acuerdo al corregimiento (Cuadro 1). La mayor cantidad de fincas de ganado bovino se concentra en el corregimiento cabecera de Gualaca con 281 fincas y 12 216 cabezas (INEC-CGR 2008). El corregimiento de Paja de Sombrero está en el cuarto lugar de los cinco corregimientos, pero por su nivel de organización y número de proyectos ganaderos de IDIAP en ejecución en el distrito se consideró prioritario.

Instrumento para la toma de información: para obtener la información de interés se utilizó una encuesta previamente estructurada, revisada y validada para determinar la línea base del proyecto de Desarrollo de una Sociedad del Conocimiento en el Sistema Vaca-Ternero y Doble Propósito para Pequeñas

y Medianas Fincas Ganaderas de Panamá (2010-2014 del IDIAP). La entrevista fue individual con personal capacitado con anterioridad. La encuesta incluyó 234 variables en aspectos: socio-económicos (familia, mano de obra, valor de la tierra, indicadores económicos, actividades fuera de la finca, ingresos), uso de insumos (externos e internos), índices zootécnicos (producción, reproducción, mortalidad y desarrollo), inventario del hato (grupos raciales), disponibilidad de recursos financieros, uso de la tierra, uso de tecnologías y edad y años de experiencias en el sistema de producción.

Procesamiento de los datos: la información obtenida de la encuesta estática fue capturada a través de una hoja electrónica (EXCEL®) y cada variable y sus alternativas fueron debidamente codificada.

CUADRO 1. EXPLOTACIONES Y EXISTENCIA DE GANADO BOVINO POR CORREGIMIENTO EN EL DISTRITO DE GUALACA, CHIRIQUÍ.

Corregimiento	Nº Explotaciones	Nº Cabezas
Gualaca, cabecera	218	12 216
Hornito	58	1347
Los Ángeles	73	5038
Paja de Sombrero	67	1204
Rincón	75	3472
Total	491	23 277

⁵ Término utilizado desde los años 70 y se refiere al sistema de producción bovino donde el ternero es el producto final del sistema. En Panamá se le conoce como Sistema de Cría. Cría es un término que también se aplica a otras especies domésticas.

Selección de variables: de las variables de la encuesta aplicada se seleccionaron 34 variables *a priori* (Cuadro 2). Estas variables fueron pre-seleccionadas sobre la base de la importancia relativa en la productividad, manejo y uso de los recursos al sistema de producción vaca-ternero. Estas 34 variables se les aplicó un análisis descriptivo, teniendo mayor interés el Coeficiente de Variación (CV) y se escogieron 12 variables cuyo CV fue mayor a 45% (Cuadro 3) y no estuvieran correlacionadas con otras variables (Cuadro 4), de acuerdo a Cabrera *et al.* (2004), aunque hay investigadores como Paz *et al.* (2003), Cabrera *et al.* (2004) y García Q y Ramírez N (2011), quienes han usado CV mayor a 50%.

Análisis de Componentes Principales (ACP): Este análisis implica una clase de procedimientos que se usan sobre todo para reducir y resumir los datos. Permite determinar el número mínimo de factores (componentes principales) que explicarán la máxima varianza de los datos, para usarlos en análisis multivariados posteriores. Los componentes deben cumplir con ciertas características: que las variables derivadas sean independientes unas de otras; que se puedan expresar como funciones lineales de las variables originales; que la variación total en las variables sea igual a la variación en

las variables originales; que la primera variable derivada contribuya con la mayor proporción de la variación total, la segunda con la siguiente mayor proporción posible del resto de la variación, y así sucesivamente. El mayor número posible de componentes coincide con el número total de variables, por lo que se seleccionó entre las distintas alternativas, aquellas que siendo pocas e interpretables, explican una proporción aceptable de la varianza total, presentándose en orden descendente de acuerdo con el porcentaje de la varianza que representa (Cabrera *et al.* 2004). Dichos factores están in-correlacionados entre sí y son independientes de los demás, de acuerdo a Paz *et al.* (2003) y Cabrera *et al.* (2004); además indican que la decisión de cuantos factores deben retenerse depende del tipo de problema que se esté tratando.

Análisis de Conglomerados (AC): permite tipificar las fincas con base en un número elevado de variables. Se agrupan las explotaciones de manera tal que las diferencias entre los elementos de un conglomerado sean mínimas, al tiempo que la diferencia entre los conglomerados sea máxima. Se utilizó una técnica algorítmica (Algoritmo de Ward). El algoritmo de Ward es jerárquico y de tipo aglomerativo. En cada iteración se consideran todas las uniones posibles entre conglomerados y se elige la que

CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS SELECCIONADAS *a priori*.

Categorías	Características
Características del ganadero	1.- Edad del ganadero (EG)
	2.- Número de hijos (NH)
	3.- Años de experiencia (AE)
Inventario del hato	4.- Número de vacas (NUMVACA)
	5.- Número de novillas (NUMVILLA)
	6.- Número de novillos (NUMVILLO)
	7.- Número de terneros (NUMTRNRO)
	8.- Número de terneras (NUMTRNRA)
	9.- Tamaño del hato (TAMHATO)
Características de la finca	10.- Área de la finca (AREAFCA)
	11.- Área de pastos (AREAPAST)
	12.- Área de bosque (AB)
	13.- Carga animal (UA/ha)
	14.- Relación área pastos :área total (AP/AT)
	15.- Días de pastoreo (DPAST)
	16.- Número de cuadras (NCUADRAS)
Productividad animal	17.- Natalidad (NAT)
	18.- Peso al destete (PVDSTT)
	19.- Edad destete (EDSTT)
	20.- Kilogramos de ternero vendido (KGTRNVND)
	21.- Kilogramos de ternero/vaca expuesta a toro (KG/VET)
	22.- Kilogramos de ternero/área de pasto (KG/HAPASTO)
	23.- Edad al primer parto (EPP)
Salud del hato	24.- Mortalidad de terneros (MORTRN)
	25.- Mortalidad de novillas (MRTVILLA)
Manejo del hato	26.- Descarte de novillas (DESCVILLA)
	27.- Descarte de vacas (DESCVACA)
Valoración de la finca	28.- Valor promedio de la hectárea (VPRMHA)
	29.- Valor de la finca (VALORFCA)
Indicadores económicos	30.- Ingreso por ternero/vaca (ITRN/VACA)
	31.- Ingreso total de la finca (ITFCA)
	32.- Ingreso total/área de finca (IT/HA)
	33.- Ingreso total/área de pasto (IT/HAPASTO)
	34.- Préstamo (PRÉSTAMO)

CUADRO 3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS.

Variable	Media	Mínimo	Máximo	CV,%
1.- NH	3,6	0,0	10,0	79,9
2.- AE, años	31,1	1,0	61,0	51,5
3.- AREAFCA, ha	67,4	17,0	194,0	89,8
4.- VPRMHA, B/.	2478,3	333,3	10000,0	98,0
5.- TAMHATO	62,6	8,0	275,0	92,2
6.- KG/VET	42,1	0,0	4807,3	118,6
7.- KG/HAPASTO	81,7	0,0	544,2	175,7
8.- AB	2,9	0,0	30,0	246,6
9.- AP/AT	0,614	0,067	1,000	45,8
10.- MORTRN, %	8,4	0,0	66,67	211,0
11.- DESCVACA,%	4,8	0,0	25,9	155,4
12.- ITFCA, B/.	3300,5	0,0	7510,0	70,9

CV = coeficiente de variación.

produce el menor incremento en la suma de cuadrados dentro de los grupos.

Se definen los grupos de fincas o productores con base en un indicador general y teniendo en cuenta el coeficiente de determinación (R^2). Se tiene como resultado un dendograma. A partir del cual se ubicó el nivel representativo desde el punto de vista del número de grupos resultantes realizando el corte del mismo nivel del 0,05 de probabilidad, utilizando la escala de Ward tomando en cuenta que se cumpliera el criterio de máxima homogeneidad dentro de los grupos y máxima heterogeneidad entre grupos. Para hallar la finca tipo o centroide se

seleccionó aquella que se encuentra más cerca del promedio del grupo (Maino *et al.* 1993).

Análisis Discriminante (AD):

estima probabilísticamente la bondad de los grupos. Busca entre las combinaciones lineales de las variables, aquellas que tengan una varianza mínima entre ellas y una intra-varianza igualmente mínima. Esto permite resaltar la diferencia entre clases y facilita su de limitación. La bondad de los agrupamientos indica si las observaciones de un mismo conglomerado presentan una alta probabilidad asociada con la función discriminante correspondiente a ese agrupamiento.

CUADRO 4. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE LAS VARIABLES SELECCIONADAS.

Var.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,000										
2	-	1,000									
		0,059									
3	-	0,590	1,000								
		0,051									
4	-	0,165	0,067	1,000							
		0,170									
5	-	0,521	0,690	0,250	1,000						
		0,122									
6	0,139	-	-	-	-	1,000					
		0,173	0,479	0,005	0,321						
7	-	-	-	-	-	0,578	1,000				
	0,188	0,134	0,357	0,008	0,263						
8	0,125	0,343	0,490	0,011	0,265	-	-	1,000			
						0,324	0,043				
9	0,566	-	0,026	-	-	-	-	-			
		0,137		0,177	0,076	0,057	0,564	0,564	1,000		
10	-	-	-	-	-	0,315	0,417	0,417	-	1,000	
	0,314	0,096	0,251	0,026	0,100				0,381		
11	0,212	-	-	0,229	0,043	0,452	0,433	0,433	-	-	1,000
		0,074	0,113						0,049	0,145	
12	-	-	-	0,398	-	0,436	0,152	0,151	-	-	0,319
	0,249	0,039	0,248		0,216				0,315	0,086	

Caracterización de los grupos de fincas: del resultado de los análisis multivariados (ACP, AC y AD) se formaron los grupos de finca y se procedió a realizarle un análisis descriptivo para su caracterización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas ambientales promedios son mayores en el área de Gualaca, siendo en ambos sitios mayores en los meses de febrero, marzo y abril. La precipitación anual acumulada, también es mayor en Gualaca con 4 573,3 mm y

de 3 386,1 mm en Paja de Sombrero. La humedad relativa es mayor en la estación seca en Paja de Sombrero que en Gualaca, pero en los meses de la época lluviosa es lo inverso. Similar tendencia se observa con la velocidad del viento (Cuadro 5).

Los ITH no ajustado e ITH ajustado son mayores en Gualaca que en Paja de Sombrero. En Paja de Sombrero, los meses de enero, febrero, marzo y abril

presentan ITH no ajustado ligero medio, mientras que el resto de los meses presentan un ITH no ajustado ligero-bajo. Los ITH ajustados son moderados con valores un poco mayores al final de la época seca que los valores de la época lluviosa. En Gualaca, los ITH no ajustados son ligeros altos en los meses de abril, mayo y junio, pero más bajos en los meses de diciembre, enero y febrero. La tendencia en el ITH ajustado tiene similar patrón al ITH no ajustado, pero la

CUADRO 5. ÍNDICES DE TEMPERATURA-HUMEDAD EN AGOSTO 2011 EN PAJA DE SOMBRERO, GUALACA.

Mes del año	Estación Paja de Sombrero						Estación Gualaca II					
	TA, °C	HR, %	PP, Mm	VV, m/s	ITH	ITH, Ajust	TA, °C	HR, %	PP, mm	VV, m/s	ITH	ITH, Ajust
Enero	25,5	73,2	20,3	1,4	74,7	81,4	26,6	71,3	34,1	1,2	76,1	82,9
Febrero	26,3	70,9	16,8	1,8	75,6	82,3	27,4	64,0	38,9	1,5	76,4	83,1
Marzo	26,8	70,5	47,1	1,8	76,3	83,0	28,0	65,2	73,0	1,4	77,4	84,1
Abril	26,6	71,0	121,5	1,2	76,1	82,8	27,9	71,9	158,2	1,0	78,2	84,9
Mayo	25,7	79,4	438,8	0,6	75,7	82,5	27,2	82,3	533,6	0,7	78,5	85,2
Junio	25,2	82,1	421,0	0,4	75,2	82,0	26,7	85,4	472,4	0,5	78,0	84,8
Julio	25,1	81,8	269,0	0,4	75,0	81,8	26,5	85,5	458,2	0,5	77,7	84,5
Agosto	25,0	83,1	358,4	0,4	75,0	81,8	26,5	85,6	590,6	0,5	77,7	84,5
Septiembre	24,9	84,1	566,4	0,3	74,9	81,7	26,4	86,2	608,3	0,5	77,6	84,4
Octubre	24,5	85,6	700,6	0,3	74,4	81,2	26,1	87,9	672,0	0,5	77,3	84,1
Noviembre	24,6	85,7	346,4	0,4	74,4	81,2	26,0	84,4	460,4	0,5	76,8	83,5
Diciembre	24,9	78,7	79,8	0,8	74,3	81,1	26,2	78,2	473,7	0,8	76,4	83,1

Fuente: ETESA 2013, Mader *et al.* 2005.

$ITH = 0,8T^{\circ}C_{amb} + (HR/100)(T^{\circ}C_{amb} - 14,3) + 46,4$

$ITH_{ajust.} = 6,81 + ITH - (3,075VV)$.

ITH: 72 a 79 es ligero; 80 a 89 es moderado y 90 a 98 es severo.

$T^{\circ}C_{amb}$ = temperatura ambiental en °C.

HR = humedad relativa en porcentaje.

VV = velocidad del viento en m/s.

clasificación es de moderada, llegando a niveles medios. Esta situación indica que razas bovinas susceptibles a altas temperaturas y humedad relativa estarían con problemas de estrés calórico y pobre comportamiento productivo y reproductivo.

La determinación del número de Componentes Principales a retener es, en parte, arbitraria y queda a juicio del investigador. Un criterio que recomienda Carmona (2002) es retener los Componentes Principales cuyos Valores Propios (eigenvalues) sean mayores a 1,0000. Basado en lo anterior, del análisis resultaron cuatro componentes principales, de los 12 posibles. El mayor

Valor Propio fue de 3,37726735 en el primer Componente Principal (CP1), seguido por el CP2, CP3 y CP4 con 2,31157230, 1,58029404 y 1,33573384, respectivamente (Cuadro 6). Hasta el CP4 se consideraron para los siguientes análisis. El CP1 representa el 28,14% de la varianza de los datos, mientras que el CP2 representa el 19,26%, seguida por el CP3 y CP4 con 13,17% y 11,13%, respectivamente. La varianza acumulada de los cuatro Componentes Principales es de 71,70%. Esto indica que en solo cuatro Componentes Principales, la variación de los datos llega a estar representada en una gran proporción.

CUADRO 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.

Componente Principal	Valores Propios (Eigenvalues)	Proporción de la Varianza	Varianza Acumulada
1	3,37726735	0,2814	0,2814
2	2,31157230	0,1926	0,4741
3	1,58029404	0,1317	0,6058
4	1,33573384	0,1113	0,7171
5	0,88613848	0,0738	0,7909
6	0,71353623	0,0566	0,8504
7	0,67873766	0,0367	0,9069
8	0,44054353	0,0264	0,9437
9	0,31677933	0,0158	0,9701
10	0,18970068	0,0082	0,9859
11	0,09795015	0,0060	0,9940
12	0,07174643		1,0000

Para conocer a que componente principal pertenece cada variable, se analizan los Coeficientes Factoriales de Correlación. Se toman en cuenta el valor del coeficiente y las variables se ubican donde resulten los más altos (Cuadro 7). El CP1 está conformado por las variables que relacionan características de la finca como: AE, la cual tiene que ver con la evolución de la finca hasta llegar a ser lo que es hoy en día, AREAFCA como patrimonio y unidad de producción, TAMHATO, también como patrimonio y como la carga animal que soporta la finca y AB como la importancia que tienen algunos ganaderos de conservar un área boscosa con fines de proteger fuentes de agua y conservar la flora del área.

En el CP2 están las variables NH relacionada al tamaño familiar, AP/AT con la cobertura de pasturas en toda la finca y MORTRN con la pérdida de terneros por enfermedades en la etapa pre-destete. Por otra parte, el CP3 tiene relación con la productividad de la finca como la variable KG/VET que son los kilogramos de ternero producidos al destete por vaca expuesta a toro y la variable KG/HAPAST como los kilogramos de ternero destetado por hectárea de pasto. Ambas variables son indicadores de eficiencia de la finca. También se cuenta con la variable DESCVACA como la relacionada a la tasa de reemplazo de vacas, las cuales son

descartadas por edad, defectos físicos o pobre comportamiento productivo y reproductivo. El CP4 asocia variables relacionadas a indicadores económicos como el VPRMHA como indicador de la valoración que da el ganadero a cada hectárea de su finca en promedio e ITFCA como el indicador de cuanto ingreso genera la finca al ganadero.

La comunalidad es un valor que se obtiene del análisis de componentes principales (Cuadro 7) para cada una de las variable originales, sumando los cuadrados de las correlaciones o cargas de los factores retenidos con la variable para la que se calcula y que expresa la proporción de la varianza de la variable extraída o explicada con m componentes, donde m es el número de componentes principales retenidos. Si m es igual al número total de variables, la comunalidad sería igual a 1,000 (Carmona 2002). A partir de análisis se puede señalar que la estructura de las fincas o unidades productivas de ASOPEGA en el distrito de Gualaca puede comprenderse si se conocen los valores de un número reducido de variables que miden los ingresos, productividad, distribución de los principales factores de producción, tamaño de la finca y hato, así como sus recursos naturales y algunas características personales del ganadero (Icaza y Escobar 1984, Guerra M y González 1998).

CUADRO 7. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN FACTORIAL ENTRE LAS VARIABLES Y LOS COMPONENTES PRINCIPALES Y VALORES DE COMUNALIDAD.

Variables	Comunalidades	Componentes principales			
		CP1	CP2	CP3	CP4
NH	0,65234025	-0,11723	0,72074	0,06799	-0,33838
AE	0,55860317	0,73464	-0,08558	-0,03887	0,10034
AREAFCA	0,79471243	0,85381	0,07322	-0,24545	0,01068
VPRMHA	0,58590821	0,21842	-0,05566	0,04755	0,72996
TAMHATO	0,66412094	0,78532	-0,05616	-0,15351	0,14380
KG/VET	0,74637560	-0,42552	-0,05564	0,74426	0,09104
KG/HAPASTO	0,89116376	-0,16869	-0,51978	0,74945	-0,17570
AB	0,67815682	0,69628	0,17936	0,17306	-0,36225
AP/AT	0,74488222	-0,10272	0,84661	-0,14682	-0,18983
MORTRN	0,67378774	-0,23466	-0,73542	0,06411	-0,27160
DESCVACA	0,77018843	0,11310	0,08299	0,80177	0,32814
ITFCA	0,80462794	-0,28505	-0,11167	0,25360	0,80411

El dendograma presenta los grupos de sistemas de fincas resultantes a nivel de 0,05 de probabilidad, utilizando la escala de Ward (ver Figura). La escala está en términos de Coeficientes de Determinación Semi-Parciales (CDSP) o Semi-Partial R^2 . Con el análisis de conglomerados se agruparon las observaciones más similares estableciendo grupos homogéneos y maximizando la heterogeneidad entre los mismos. En tres conglomerados homogéneos se agruparon las 20 fincas ganaderas (ver Figura). El Grupo A con un CDSP de 0,0569, $F = 25,4$ y R^2 de 0,872, conformado por las fincas 65, 83, 71, 84, 76 y 81, mientras que el Grupo B con un CDSP de 0,1029; $F = 21,7$ y R^2 de 0,700 fue el grupo mayor constituido por las

fincas 66, 86, 70, 74, 82, 73, 78, 85, 87, 69 y 75 y el Grupo C con CDSP de 0,0691; $F = 19,8$ y R^2 de 0,802 fue el menor y agrupó las fincas 72, 79 y 77.

El AC identifica grupos de fincas, existan estos o no en la población original (Ling y Killough 1976). Por esta razón es necesario probar la bondad de estas clasificaciones, analizando los resultados *a posteriori* mediante técnicas que permitan comprobar la calidad de los grupos resultantes. Con este fin se utilizó el AD, una técnica para describir y clasificar elementos representados por un número elevado de variables. El AD buscó entre las combinaciones lineales de las variables aquellas que tengan una

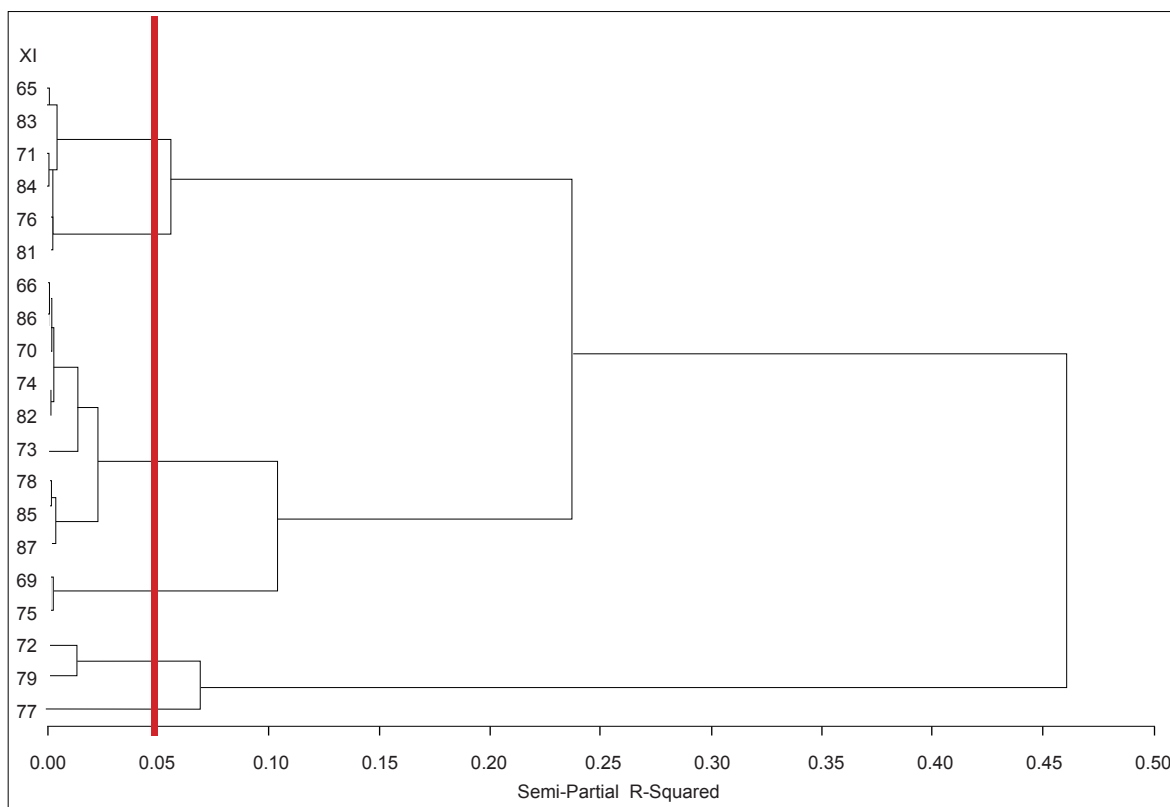


Figura. Agrupamiento de las fincas por conglomerado (grupos).

varianza mínima entre ellas y una intra-varianza igualmente mínima. Esto permite resaltar la diferencia entre clases y facilita su delimitación. El agrupamiento de las variables de acuerdo al componente principal (Cuadro 8).

Los resultados del AD (Cuadro 9) demuestran que cuatro fincas estuvieron mal clasificadas de acuerdo al AC. Estas fincas fueron: 81 clasificada en el Grupo A y pasó al grupo B, la finca 70 clasificada en el Grupo B pasó al grupo A, la finca 87 clasificada en el grupo B pasó al grupo A, y similarmente la finca 69 clasificada en

el grupo B pasó al Grupo A. Todas estas fincas tuvieron 1,0000 probabilidad de pertenecer a su nuevo grupo.

De acuerdo a la tipificación de las fincas por medio del AC y AD, se caracterizaron los tres grupos de acuerdo a las 12 variables seleccionadas para el análisis más las variables que los investigadores consideraron de importancia (Cuadro 3). No hay diferencias marcadas en la edad del ganadero (EG) entre los tres grupos, el rango fue de 55,9 años (Grupo B) a 48,0 años (Grupo C), mientras que el promedio de todos los ganaderos fue de 53,7 años (Cuadro 10).

CUADRO 8. AGRUPAMIENTO DE LAS VARIABLES DE ACUERDO AL COMPONENTE PRINCIPAL.

Componente	Nombre	Variables influyentes
1	Dimensionalidad y productividad de la finca	a. Área de la finca (AREAFCA) b. Tamaño del hato (TAMHATO) c. Kilogramos de ternero destetado/vaca expuesta a toro (KG/VET) d. Kilogramos de ternero destetado/área de pasto (KG/HAPASTO)
2	Característica del ganadero	e. Número de hijos (NH) f. Años de experiencia (AE) g. Valor promedio de la hectárea (VPRMHA) h. Relación área de pastos: área total (AP/AT)
3	Características de importancia económica	i. Mortalidad de terneros (MORTRN) j. Descarte de vacas (DESCVACA) k. Ingreso total de la finca (ITFCA)
4	Recursos naturales	l. Área de bosque (AB)

Esta edad indica que son, en promedio, ganaderos capaces de ser receptivos a cambios y adopción de tecnologías y denota una marcada experiencia en sus explotaciones. Delgado *et al.* (1979) encontraron rango de edad de ganaderos de sistemas doble propósito entre 30 y 50 años. El Número de Hijos (NH) fue menor en el Grupo C con 2,7 hijos y mayor en el Grupo B con 4,0 hijos.

En el estudio de Guerra M *et al.* (1981) en cuatro áreas de Panamá (Soná, Bugaba, Los Santos y Gualaca), el número de hijos en promedio fue de 2,5. Los ganaderos del Grupo B son los de mayor años de experiencia (AE) con 35,9 años superando en 9,5 años a los

ganaderos del Grupo A. El promedio de todos los ganaderos es de 31,1 años. En el Número de Vacas (NV), fue mucho mayor en el Grupo C con 38,0 cabezas, pero los ganaderos del Grupo A son los de mayor TAMHATO por tener mayor NUMVILLA (16,1 cab), NUMVILLO (13,8 cab), NUMTRNRA (7,6 cab) y NUMTRNRO (6,1 cab). El promedio del TAMHATO de todos los ganaderos es de 62,6 cab, mientras que para el Grupo B y C la diferencia fue mínima (0,8 cab). En cuatro áreas de Panamá (Soná, Bugaba, Los Santos y Gualaca) el tamaño del hato estuvo entre 37 y 45 animales. En el Valle del Cauca, Colombia, García Q y Ramírez N (2011) se encontraron hatos entre 21 y 41 animales.

CUADRO 9. ANÁLISIS DISCRIMINANTE.

Finca	Grupo Inicial	Grupo Final	Probabilidad de pertenecer a un Grupo		
			A	B	B
65	A	A	1,00	0,00	0,00
83	A	A	1,00	0,00	0,00
71	A	A	1,00	0,00	0,00
84	A	A	1,00	0,00	0,00
76	A	A	1,00	0,00	0,00
81	A	B	0,00	1,00	0,00
66	B	B	0,00	1,00	0,00
86	B	B	0,00	1,00	0,00
70	B	A	1,00	0,00	0,00
74	B	B	0,00	1,00	0,00
82	B	B	0,00	1,00	0,00
73	B	B	0,00	1,00	0,00
78	B	B	0,00	1,00	0,00
85	B	B	0,00	1,00	0,00
87	B	A	1,00	0,00	0,00
69	B	A	1,00	0,00	0,00
75	B	B	0,00	1,00	0,00
72	C	C	0,00	0,00	1,00
79	C	C	0,00	0,00	1,00
77	C	C	0,00	0,00	1,00

El promedio del tamaño de la finca (AREAFCA) es mayor en el Grupo A con 77,5 ha y a pesar de mayor TAMHATO su carga animal (UA/ha) es de 0,837. Sin embargo, el promedio de la UA/ha en el Grupo C es mayor con 1,673 producto de su TAMHATO de 56,7 cabezas y menor AREAFCA de 29,8 ha. Una carga animal de 1,07 UA/ha fue reportada por Delgado *et al.* (1979) en fincas doble propósito de tres regiones de Panamá

(Chiriquí, Veraguas y Azuero), pero la UA/ha reportada por García Q y Ramírez N (2011) fue más baja con rango de 0,4 a 0,8. Por otra parte, Guerra M *et al.* (1981) encontró tamaño de fincas entre 24 y 54 ha en cuatro áreas de Panamá (Soná, Bugaba, Los Santos y Gualaca), pero Hertentains *et al.* (1983) encontró rangos de 8 a 39 ha, en fincas doble propósito en Bugaba, Panamá. Reportes de García Q y Ramírez N (2011) en fincas ganaderas

CUADRO 10. CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA SOCIO Y BIO-ECONÓMICA DE LAS FINCAS AGRUPADAS.

Variables	Grupo A	Grupo A	Grupo A	Grupo A
EG, años	53,4±13,1	55,9±9,9	48,0±14,0	53,7±11,5
NH, hijos	3,4±2,0	4,0±3,7	2,7±2,1	3,6±2,8
AE, años	26,4±18,5	35,9±14,8	29,3±12,9	31,1±16,0
NUMVACA	28,1±25,6	30,2±13,4	38,0±26,1	30,6±20,0
NUMVILLA	16,1±19,8	11,2±7,1	14,3±2,1	13,6±13,1
NUMVILLO	13,8±39,9	2,8±8,0	0,3±0,6	6,8±24,9
NUMTRNRO	6,1±7,1	3,7±4,3	1,3±2,3	4,3±5,5
NUMTRNRA	7,6±9,2	6,4±6,7	2,3±4,0	6,3±7,4
TAMHATO, cab	72,5±88,0	55,9±29,6	56,7±21,1	62,6±57,8
ÁREAFCA, ha	77,5±76,6	70,9±54,0	29,8±2,7	64,4±60,5
ÁREAPAST, ha	54,3±52,4	39,6±45,7	15,3±5,0	41,8±45,5
ÁB, ha	2,0±3,9	4,7±10,0	0,0±0,0	2,9±7,1
UA/ha ¹	0,837±0,477	0,746±0,301	1,673±0,801	0,992±0,544
AP/AT ²	0,747±0,271	0,526±0,289	0,522±0,205	0,614±0,281
DPAST, d	10,6±12,3	11,4±7,8	10,0±5,0	10,9±9,2
NCUADRAS	15,1±16,5	10,0±7,5	13,0±9,0	12,5±11,4
VPRMFCA, B/.	1508,3±1285,7	1759,2±996,9	7222,2±2545,9	2478,3±2429,8
VALORFCA, B/.	189025±281403	152352±235649	214167±74847	176293±231758
NAT, %	46,2±27,3	46,9±16,2	51,9±9,4	47,4±20,1
PVDSTT, kg	154,5±31,8	178,6±29,5	164,0±10,9	166,7±29,7
EDSTT, meses	7,5±2,8	7,6±1,0	7,7±0,6	7,6±1,8
KGTRNVND	425,2±791,8	1869,0±1466,2	725,6±831,3	1117,7±1303,4
KG/VET	11,7±24,0	74,4±56,4	30,0±313,5	42,7±50,6
KG/HAPASTO	15,4±27,3	155,0±191,6	38,5±41,0	81,6±143,5
EPP ³ , meses	31,8±4,8	32,0±4,2	30,7±5,0	31,7±4,4
MORTRN, %	10,9±23,0	6,4±16,4	7,6±4,1	8,4±17,7
MRTVILLA, %	0,184±0,428	0,0±0,0	0,0±0,0	0,073±0,276
DSCVILLA, %	3,8±7,0	7,4±14,7	0,0±0,0	3,9±10,3
DSCVACA, %	1,5±3,3	7,4±14,7	0,0±0,0	3,9±10,3
ITRN/VACA, B/. ⁴	18,2±36,3	100,0±72,5	46,1±41,0	59,2±66,3
ITFCA, B/. ⁴	2018,8±2341,2	3640,0±1914,9	5700±1563,5	3300,5±2340,1
IT/HA, B/. ⁴	54,3±77,1	77,5±45,7	190,1±45,5	85,1±73,8
IT/HAPASTO, B/. ⁴	74,2±86,0	244,0±236,9	429,3±264,2	203,8±222,6
PRÉSTAMO ⁵ , B/. ⁴	118250±115612	10769±±8676	35000±0,0	34688±59431
	(2)	(7)	(1)	(10)

¹UA=Unidad Animal.²AP/AT=es la relación del área de pasturas con respecto al área total de la finca.³EPP=Edad al primer parto⁴Valor nominal.⁵(n)=Número de ganaderos con préstamos

tipificadas en el Valle del Cauca señalan rango de 10,8 a 44,8 ha.

El área de pastos (AREAPAST) también se encontró en promedio mayor (54,3 ha) en las fincas del Grupo A y mucho menor en el Grupo C con 15,3 ha. García Q y Ramírez N (2011) encontraron AREAPAST entre 9,2 y 38,0 ha. Similarmente, el número de cuadras (NCUADRAS) están más disponibles con 15,1 unidades. Esta situación nos indica que la cobertura de pastos o Relación Pasto: Área total (AP/AT) sea más alta en el Grupo A (0,747) y menor en el Grupo C (0,522). Hay disponibilidad de seguir aumentando el área de pastura en este Grupo C, muy similar al Grupo B. Los días de pastoreo (DPAST) fueron muy similares en los tres Grupos de fincas. Hertentains *et al.* (1983) reportaron que el área de pasto ocupaba entre 63% y 79% del área total en fincas doble propósito en Bugaba, Panamá.

La edad al primer parto (EPP) fue similar en los tres grupos con un rango de 30,7 meses (Grupo C) a 32,0 meses (Grupo B). Estos valores son muy similares a los reportado por Delgado *et al.* (1979) en novillas doble propósito con rango de 31 a 36 meses, pero menores a los reportado por García Q y Ramírez N (2011) de 36 a 45 meses en cuatro grupos de fincas ganaderas tipificadas del

Valle del Cauca en Colombia. El Grupo B produjo la mayor cantidad de kilogramos de ternero destetado vendido (KGTRNVND) con 1869,0 kg, mientras que el Grupo A apenas pudo producir 425,2 kg. Además, este Grupo A produjo la menor cantidad de kilogramos de ternero destetado por vaca expuesta a toro (KG/VET) con 11,7 kg y menor cantidad de kilogramos de ternero destetado por hectárea de pasto (KG/HAPASTO) con 15,4 kg. El Grupo B reportó producir más KG/VET y KG/PASTO con 74,4 kg y 155,0 kg, respectivamente. La producción de kilogramos de ternero destetado está en función, también de la natalidad (NAT). Mayor número de terneros nacidos se encontró en el Grupo C con 51,9%, mientras en los Grupos A y B la diferencia no fue mayor al 1%. La natalidad en sistemas doble propósito reportada por Delgado *et al.* (1979) fue superior con 61%, pero en cuatro grupos de fincas ganaderas tipificadas en el Valle del Cauca, Colombia, la NAT varió de 78,9% a 94,7%, muy superior a nuestros valores. Todos estos valores se consideran bajos para mantener una finca del sistema vaca-ternero eficiente.

La merma de terneros destetados se asocia a la mortalidad de terneros (MORTRN). Una de las causas del por qué el Grupo A tuvo menor KGTRNVND es su mayor MORTRN con 10,9%, entre los Grupos B y C la diferencia apenas fue de

1,2 unidades porcentuales. La mortalidad en terneros indicada por Delgado *et al.* (1979) fue de 8%. La mortalidad de novillas (MRTVILLA) fue inferior al 1% en el Grupo A, pero no se reportaron pérdidas en los otros Grupos, B y C.

El descarte de novillas (DSCVILLA) fue 7,4% en el Grupo B y apenas 1,5% en el Grupo A. En el Grupo C no se reportaron descartes. Con la baja NAT está tasa de descarte podría poner en riesgo el futuro de la finca, a pesar de tener mayor TAMHATO, ya que las novillas deben ser de genética superior a sus madres. Por otro lado, el descarte de vacas (DESCVACA) fue mayor en el Grupo C con 12,1% y similar en los Grupos A (3,8%) y B (3,4%). Valores de DESCVACA del Grupo C se reportaron en fincas ganaderas del Valle del Cauca con valores entre 8% y 10% (García Q y Ramírez N 2011). Reducir la carga animal (UA/ha) pudo ser una de las causales de aumentar el DESCVACA y otra causa pudo ser la disponibilidad de pasto y otros recursos forrajeros en la finca.

El Grupo C valora muy alto la hectárea de su finca (VPRMHA) con B/. 7 222,20 y a pesar de tener menor AREAFCA, el valor total de la finca (VALORFCA) fue más alto que en los otros grupos de fincas con B/. 214 167,00. El VPRMHA del Grupo A fue de B/. 1 508,33/

ha, unos B/. 250,92/ha menor que el Grupo B. El ingreso total de la finca (ITFCA) fue más alto en el Grupo C con B/. 5 700,00 superando en B/. 3 681,20 al Grupo A y en B/. 2 060,00 al Grupo B. En este indicador ITFCA se incluye la venta de animales de todas las categorías. El ingreso por venta de ternero por vaca (ITRN/VACA) fue mayor en el Grupo B con B/. 100,00 siendo mayor en B/. 81,80 del Grupo A y en B/. 53,90 del Grupo C. Estos bajos ingresos se relacionan al bajo KGTRNVND, a los precios recibidos y al NUMVACA sin parir. Sin embargo, el ingreso total por hectárea (IT/HA) fue más alto en el Grupo C con B/. 190,10 superando en B/. 135,80 al Grupo A y en B/. 112,60 al Grupo B.

El alto ITFCA y menor AREAFCA permitieron mayor IT/HA en el Grupo C. La misma tendencia se observó en el ingreso total por área de pasto en donde el Grupo C se encontró un IT/HAPASTO de B/. 429,30 siendo mayor en B/. 355,10 en el Grupo A y en B/. 404,90 en el Grupo B. El mayor ITFCA y menor área de pasto (AREAPAST) contribuyeron a tener mayor IT/HAPASTO. A pesar de bajos indicadores económicos en las fincas del Grupo A, el monto promedio de préstamos para mejoras en la finca (PRÉSTAMO) fue mayor con B/. 118 250,00 reportado en dos fincas, seguido por el Grupo C con B/. 35 000,00 reportado en una finca y el Grupo B con B/. 10 769,00 en promedio,

reportado en siete fincas. Un 50% de los ganaderos de ASOPEGA considerados en este estudio utilizan el crédito agropecuario, similar al 56% reportado por Delgado *et al.* (1979), pero menor al indicado por Guerra M *et al.* (1981) en cuatro áreas de Panamá con 32,0%. Los montos señalados por Guerra M *et al.* (1981) para el crédito agropecuario en promedio (Soná, Bugaba, Los Santos y Gualaca) estuvieron entre B/. 7 953,00 y B/. 2 987,00.

CONCLUSIONES

- De las 34 variables (cuantitativas) que se seleccionaron *a priori*, solamente 12 de ellas fueron necesarias para describir los sistemas de fincas.
- A través de técnicas multivariadas se demostró la heterogeneidad entre las fincas colaboradoras.
- Se identificaron tres grupos representativos (homogéneos) de fincas basado en 12 variables.
- Estos grupos de fincas presentan diferencias en indicadores zootécnicos y económicos, y uso de los recursos internos de la finca.
- Se sentaron las bases para la construcción de modelos representativos de la realidad actual y futura (simulaciones).

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, DA; Ramírez, A; Guevara, O; Pérez, B; Torres, V; Díaz, M; Pérez, D; Guerra, J; Miranda, M; Ricardo, O. 2008. Factores determinantes en la eficiencia productiva de fincas ganaderas de la zona montañosa de la provincia Granma, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 42(3): 247-253.
- Cabrera, DVA; García Martínez, A; Acero de la Cruz, R; Castaldo, A; Perea, JM; Peinado, JM. 2004. Metodología para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. *Producción Animal y Gestión*. 1:1-9.
- Calvo, G; Icaza, J. 1986. Evaluación de alternativas tecnológicas mejoradas a nivel de finca: El caso de Estelí, Nicaragua. *In* Clasificación de Sistemas de Finca para generación y Transferencia de Tecnología. (1986, Panamá, PA). Informe 182s 1988. Ed. Germán Escobar. IDRC-CRDA-CIID. Ottawa, CA. p. 90-117.

- Carmona, F. 2002. Estadística i análisis de dades. Un ejemplo paso a paso. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en www.ub.edu/docencia/Mates/ejemploACP.pdf
- Delgado, A; Ruiloba, MH; Ávila, M. 1979. Caracterización de explotaciones pecuarias. Diagnóstico de las explotaciones lecheras de “doble propósito” en tres regiones de Panamá (Chiriquí, Veraguas, Azuero, 1978). *In* Reunión Latinoamericana de Producción Animal. (VII, 1979, Panamá, PA). Memoria 1979. ALPA79-Panamá. Panamá, PA. 14:45-46.
- Dufumier, M. 1990. Importancia de la tipología de unidades de producción agrícolas en el análisis de diagnóstico de realidades agrarias. *In* Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola, (1990, Santiago, CL). Memoria. Eds. G. Escobar; J. Berdegú. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). p. 63-82.
- Escobar, G. 1995. Desarrollo metodológico para la aplicación del enfoque de sistemas en América Latina. *In* Investigación con Enfoque de Sistemas en la Agricultura y el Desarrollo Rural, (1995, Santiago, CL). Memoria Mayo 1995. Eds. JA. Berdegú; E. Ramírez. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). p. 99-110.
- Escobar, G; Berdegú, JA. 1990. Conceptos y metodología para la tipificación de sistemas de fincas: La experiencia del RIMISP. *In* Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola, (1990, Santiago, CL). Memoria. Eds. G. Escobar; J. Berdegú. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). p. 13-44.
- ETESA(Empresade Transmisión Eléctrica, S.A., PA). 2013. Hidrometeorología (en línea). Panamá, PA, ETESA. Consultado 10 jun. 2013. Disponible en www.hidromet.com.pa/clima_historicos.php
- García-Quintero, II; Ramírez-Nader, LM. 2011. Tipificación de sistemas de producción ganadera del Municipio de Bolívar, Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 4(1):107-113.

- Guerra, P; González, A. 1998. Tipificación de fincas doble propósito en la provincia de Chiriquí, Panamá. *Ciencia Agropecuaria* (9):53-170.
- Guerra, P; Sarmiento, M; Ríos, S; Pinzón, B; Ávila, M; Li Pun, HH; Mares, V. 1981. Características socio-económicas de los sistemas de fincas en cuatro áreas de Panamá. Soná, Bugaba, Los Santos y Gualaca, 1979-1980. *In* Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), (XXVII, 1981, Santo Domingo, DO). Memoria. Santo Domingo, DO. p. 235.
- Hertentains, LA; Mares, V; Sarmiento, M. 1983. Avances en la validación de alternativas tecnológicas en sistemas de producción bovina de doble propósito en Bugaba, Panamá. I. Descripción de recursos y manejos. 1981-1982. *In* Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), (XXIX, 1983, Panamá, PA). Memoria. Panamá, PA. p. 132.
- Icaza, J; Escobar, G. 1984. Identificación de factores que caracterizan la estructura de sistemas de fincas pequeñas de la región de Estelí, Nicaragua. *In* Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA), (XXXI, 1984, Managua, NI). Memoria. Managua, NI. p.135.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), CIID (Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, CA). 1991. Informe técnico final. Estudio del sistema de producción doble propósito (leche y carne) en pequeñas y medianas fincas en Panamá. Panamá. 155 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA); CGR (Contraloría General de la República, PA). 2008. Panamá en cifras. 2003-2008. Panamá. 245 p.
- Ling, RF; Killough, GC. 1976. Probability tables for cluster analysis based on a theory of random graphs. *Journal of the American Statistical Association* 71(345):27-35.
- Mader, T; Davis, S; Gaughan, J; Brown. Brandl, T. 2005. Wind speed and solar radiation adjustment for the temperature-humidity index. *In* Conference on Biometeorology and Aerobiology, (16th Vancouver, British

- Columbia, CA). Meeting Abstract 2005. Vancouver, British, Columbia, CA. 6B.2. 6 p. 1 disco compacto, 120 mm.
- Maino, M; Pittet, J; Kobrich, J. 1993. Programación multicriterios: Un instrument para el diseño de sistemas de producción. Serie Materiales Docentes. no. 3. RIMISP. Santiago de Chile. 97 p.
- Paz, R; Lipshitz, H; Álvarez, R; Usadivaras, P. 2003. Diversidad y análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina. ITEA. 99A(1):10-40.
- Vargas, JC; Benítez, D; Torres, A. 2011. Tipificación de fincas ganaderas en el piedemonte tropical de las provincias Cotopaxi y Los Ríos, Ecuador. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 45(4):381-390.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA DE *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) A. GRAY BAJO DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTES¹

Eliut Santamaría-Lezcano²; Luis Hertentains-Caballero³;

Odenis Troetsch-Santamaría⁴; Audino Melgar-Moreno⁵

RESUMEN

La producción y calidad forrajera de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray se evaluó bajo cuatro frecuencias de cortes a 250 msnm, entre el 2009 y 2011, en Bugaba, Chiriquí. Se registró una precipitación pluvial anual de 3700 mm y temperatura promedio de 28° C. Como variables de producción se evaluó la producción de materia seca (MS) y la relación hoja/tallo. La calidad del forraje se evaluó de acuerdo al contenido de proteína cruda (PC), calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) en hoja, planta entera y tallo. Bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con tres replicas y frecuencias de cortes cada 30, 45, 60 y 75 días, se sembraron estacas de *T. diversifolia* de 35 cm de largo a 0,75 m entre plantas e hileras. A la siembra se fertilizó con 40, 30 y 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O; respectivamente. La fertilización de mantenimiento fue fraccionada en tres aplicaciones anuales 20 y 40 kg/ha de N y P₂O₅, respectivamente. El análisis de varianza mostró una producción media de forraje en la época lluviosa de 2,34 t MS/ha y en la seca de 1,73 t MS/ha (P>0,05). La producción de MS fue diferente entre las frecuencias de cortes (P<0,01) con valores promedios de 0,67; 1,67; 3,12 y 5,04 t MS/ha, para 30, 45, 60 y 75 días, respectivamente. La frecuencia de corte afectó la relación hoja/tallo (P<0,05); no así, el contenido de PC, Ca, P y Mg (P>0,05). Independientemente de la frecuencia de corte, se encontró diferencia en el contenido de PC en hoja, planta entera y tallo (P<0,05). Se concluye que al aumentar la frecuencia de corte se registró un aumento en la producción de materia seca y una disminución en los contenidos de la proteína cruda.

PALABRAS CLAVES: Alimentación animal, materia seca, relación hoja/tallo, contenido de proteína, fertilización.

¹Recepción: 21 de septiembre de 2016. Aceptación: 8 de noviembre de 2016.

²Lic. en Administración de Empresas Agropecuarias. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: eliutsant@yahoo.com

³Ing. Agr. Zootecnista. IDIAP. CIAOc. e-mail: luishertentains@gmail.com

⁴Agr. IDIAP. CIAOc. e-mail: odenistroetsch@gmail.com

⁵M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. CIAOc. e-mail: melgore@gmail.com

PRODUCTION AND FOREST QUALITY OF *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) A. GRAY UNDER DIFERENT COURT FREQUENCIES

ABSTRACT

The forage production and quality of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray was evaluated under four cutting frequencies at 250 msnm between 2009 and 2011, in Bugaba, Chiriquí. An annual rainfall of 3700 mm and an average temperature of 28° C were recorded. The dry matter (DM) production and leaf/stem ratio were evaluated as production variables. The quality of the forage was evaluated according to the content of crude protein (PC), calcium (Ca), phosphorus (P) and magnesium (Mg) in leaf, whole plant and stem. Under a randomized complete block design with three replicates and cutting frequencies every 30, 45, 60 and 75 days, 35 cm long stakes of *T. diversifolia* were planted at 0,75 m between plants and rows. At sowing it was fertilized with 40, 30 and 20 kg/ha of N, P₂O₅ and K₂O, respectively. Maintenance fertilization was split in three annual applications of 20 and 40 kg/ha of N and P₂O₅, correspondingly. The analysis of variance showed a mean forage yield of 2,34 and 1,73 t DM/ha in the rainy and dry season, (P>0,05). The DM production was different between the cutting frequencies (P<0,01) with mean values of 0,67; 1,67; 3,12 and 5,04 t DM/ha; for 30, 45, 60 and 75 days, respectively. The cutting frequency affected the leaf/stem ratio (P<0,05); not so, the content of PC, Ca, P and Mg (P>0,05). Regardless of the cutting frequency, we found a difference in PC content in leaf, whole plant and stem (P<0,05). It was concluded that increasing the cutting frequency showed an increase in dry matter production and a decrease in the contents of the crude protein.

KEY WORDS: Animal feed, dry matter, leaf/stem ratio, protein content, fertilization.

INTRODUCCIÓN

La *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) es un arbusto multipropósito que puede resistir cortes repetidos y producir una considerable cantidad de biomasa de excelente valor nutritivo (Ramírez-Rivera *et al.* 2010). Es una planta herbácea perteneciente a la familia de las compuestas, posee un gran volumen radicular y una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, un amplio rango de adaptación y distribución en la zona tropical, tolera

condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy rustica y puede soportar la poda a nivel del suelo (Wanjau *et al.* 1998). Es una especie con buena capacidad de producción de biomasa, tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Ríos-Kato 1998). La producción de biomasa puede variar entre 30 t/ha y 70 t/ha de forraje verde dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo (Savón *et al.* 2008).

Bajos niveles de proteína digestible y gran cantidad de fibra, son algunas de las características propias de los forrajes tropicales, el uso de follaje de leguminosas arbustivas y/o arbóreas ha sido demostrado en muchos casos como una estrategia nutricional en la suplementación animal en el trópico, principalmente durante los periodos de escasez de forraje. Muchas de estas especies, entre ellas la *Tithonia diversifolia*, tienen valores nutricionales superiores a los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestible que son más sostenidas en el tiempo que las del pasto bajo condiciones de cero fertilización (Hernández *et al.* 1998). Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal (Ríos 1997).

La búsqueda de alternativas de producción de proteína en la finca con fuentes forrajeras, de alto contenido proteico es de gran necesidad para brindarle al ganadero alternativas de alimentación a los animales, que permitan una menor dependencia de productos importados, por lo que este trabajo se planteó con el objetivo de evaluar el efecto de la frecuencia de corte sobre la producción y calidad del forraje de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización, clima y suelo

Por un periodo de dos años, a partir del 2009, el trabajo se desarrolló en la finca de un productor colaborador del corregimiento de Santa Marta, en el distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí ubicada a 8° 31' 24,3" de latitud Norte, y 82° 42' 39,1" de longitud Oeste y 275 msnm. El clima pertenece al ecosistema de Bosque húmedo Premontano. La temperatura media anual es 26° C y precipitación anual de 3700 mm. El suelo del orden inceptisol, de pH ácido (5,5), con alto contenido de materia orgánica (10,8), 9,5 ug/ml de fósforo (P) y 82,3 ug/ml de potasio (K). Los contenidos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) fueron 5,8 y 1,4 para cada uno de estos elementos.

Establecimiento, manejo y fertilización

Se utilizó una parcela dentro de la finca, lo más homogénea posible, con un gradiente entre 5% y 8%, cultivada mayormente en pastos naturales (grama), donde se realizó una chapia y la aplicación de un herbicida comercial a base de glifosato al 1,0%. El material de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) fue seleccionado de los dos primeros tercios de la planta madre, según Salazar (1992), cortados en estacas de 0,35 m de largo, el cual se plantaron dos trozos por puesto de siembra, en parcelas de 12 m² (3 m x 4 m), en donde se establecieron

cinco surcos a una distancia de 0,75 m entre planta y surco, respectivamente, lo cual representó 30 plantas/parcela, de lo que se cosechó los tres surcos centrales (9 m²).

Las parcelas se establecieron y fertilizaron a la siembra con 40 kg/ha, 30 kg/ha y 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Luego, se utilizó una fertilización de mantenimiento de 20 kg/ha/año y 40 kg/ha/año de N y P₂O₅, respectivamente, fraccionado en tres aplicaciones al año.

El control de malezas durante el periodo de evaluación fue realizado con glifosato diluido al 0,5% en una bomba de mochila de 20 L de capacidad y aplicado con pantalla, para evitar mojar los troncos recién cortados de la *Tithonia diversifolia*, ésta práctica se realizó inmediatamente posterior a cada corte.

Tratamientos, diseño experimental

Los tratamientos, representaron las cuatro frecuencias de corte, 30, 45, 60 y 75 días, respectivamente, se midió rendimiento de forraje, altura de planta y se tomaron dos submuestras por frecuencia de corte, una de ellas para analizar el contenido de materia seca (MS) y su composición química, en especial proteína cruda (PC), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), que se determinaron por

el método de AOAC (1970); y relación hoja – tallo, que consistió en la separación de cada una de las partes de la planta, pesadas y expresadas en porcentaje. La materia seca se determinó secando la muestra en el horno a 65° C/72 horas. Para el registro de la altura de planta, previo al corte de cada frecuencia, se tomó el dato de la altura de planta en tres puntos de cada una de las parcelas, según metodología del CIAT (1982). La altura de corte se dio a 0,50 m sobre el nivel del suelo según (Ríos-Kato 1998).

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. El modelo matemático utilizado para el análisis fue el siguiente:

$$Y = \mu + B_j + C(B_i)k + D_l + E_{ijkl}$$

Y = Producción de MS;

μ = Media general;

B_j = Efecto de los años (2);

C(B_i)k = Época dentro año (2);

D_l = Frecuencia de corte;

E_{ijkl} = Error aleatorio.

Para el análisis de medias, se utilizó prueba de Tukey (Steel y Torrie 1980). Y la tendencia de la producción por corte de MS a través de regresión lineal.

RESULTADO y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para rendimiento de materia seca (MS) de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.), indicó

diferencia altamente significativa ($P < 0,001$) por efecto de la frecuencia de corte y por la época (año), no así del bloque y el año con un R^2 de 0,70 (Cuadro 1).

El rendimiento medio de materia seca (MS) por año fue de 2,41 y 1,80 t/corte para el año uno y dos, respectivamente; es importante resaltar que no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) entre año, el año dos la producción de MS disminuyó en un 24,1% en relación al año uno, similares resultados se encuentran en gramíneas que a partir del segundo año se comienza a estabilizar la pradera (Pinzón y Montenegro 2000, Hertentains *et al.* 2005).

Independientemente de la frecuencia de corte, la producción media de materia seca por época mostró diferencia significativa ($P < 0,05$) con 2,34 t/ha/corte y 1,73 t/ha/corte para la época lluviosa y

seca, respectivamente. La producción de materia seca por época (Figura 1) representada por la regresión $y = 1,2847X$ con R^2 de 0,89; y la regresión $y = 0,8375X$ con R^2 de 0,93 para las épocas lluviosa y seca, respectivamente.

En la respuesta de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) a las diferentes frecuencias de corte, se encontró diferencia significativa ($P < 0,05$) con rendimientos promedios de MS de 0,67; 1,67; 3,19 y 5,04 por corte para las frecuencias de 30, 45, 60 y 75 días, respectivamente; lo que representa una producción anual de 8,09 t MS/ha/año; 13,38 t MS/ha/año; 18,71 t MS/ha/año y 24,19 t MS/ha/año, similares rendimientos encontró Sánchez-Lara *et al.* (2002), donde obtuvo un rendimiento de 18,37 t MS/ha/año con una edad de corte de 60 días en tres localidades del Departamento del Guaviare, Colombia.

CUADRO 1. CUADRADO MEDIO PARA EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE ACUERDO A FRECUENCIAS DE CORTE DE LA *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) A. GRAY EN BUGABA, CHIRIQUÍ - PANAMÁ.

FV	gl	CM
Frecuencia de corte	3	157,337 **
Bloque	2	0,117799 ^{NS}
Año	1	2,4057859 ^{NS}
Época (año)	2	27,1555 **
Error	177	1,2523
Total	185	744,972

** Diferencia altamente significativa $P < 0,0001$; ^{NS} no hubo diferencia significativa.

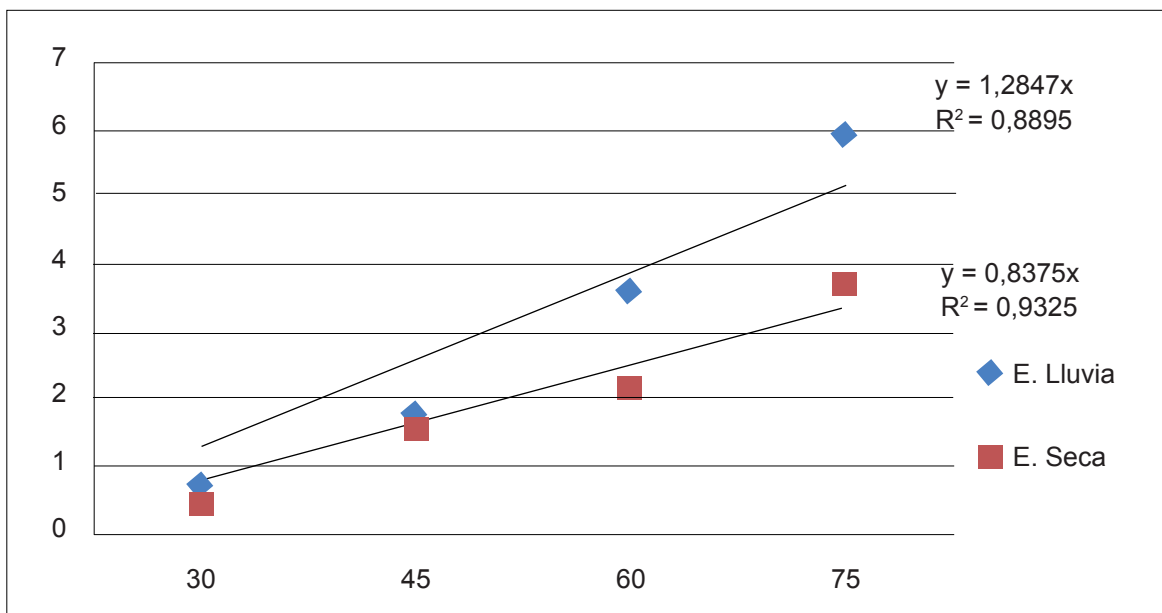


Figura 1. Rendimiento t MS/ha de la *Tithonia diversifolia* por época.

La materia seca (MS) en la planta entera mostró valores de 9,75%; 10,21%; 12,60% y 13,86% para las frecuencias de 30, 45, 60 y 75 días, respectivamente; los cuales son considerados bajo para una forrajera, inclusive a una edad avanzada de corte, a lo que Navarro y Rodríguez (1990), encontraron valores entre 13,5% y 23,23% de MS en intervalos de corte de 30 a 89 días.

Según Sierra-Posada (2005), el contenido de MS en forrajes verdes muy succulentos a menudo se convierte en una limitante, ya que los niveles inferiores a 25% hacen difícil para el animal llenar sus requerimientos de MS digestible por día, puesto que limita su capacidad de consumo por llenado ruminal antes de satisfacer sus necesidades de energía

digestible. Siendo así, Mahecha (2007) la recomienda como suplemento en la alimentación de vacas lecheras, reemplazando el uso de concentrado hasta en 35%. Por otro lado, Ruíz *et al.* (2014), recomienda su utilización con *Pennisetum purpureum* cultivar Cuba CT115 en una relación 85:15, ya que ayuda a la fermentación ruminal.

Relación Hoja -Tallo

La relación Hoja –Tallo (Cuadro 2) muestra una diferencia altamente significativa ($P < 0,0001$) por efecto de la frecuencia de corte, con un R^2 de 0,51. Según Hertentains *et al.* 2005, la relación hoja/tallo es un parámetro que ayuda a explicar la calidad nutricional de los forrajes, ya que la mejor calidad, en general, se encuentra en las hojas y el

mayor contenido de fibra en el tallo y ésta se incrementa con la edad de la planta.

El promedio del material hoja encontrado en *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) mostró diferencia significativa ($P<0,05$), lo que representó valores de 52,79%, 41,84%, 35,21% y 23,57% en las frecuencias de 30, 45, 60 y 75 días, respectivamente. Se observa que a medida que aumenta la frecuencia de corte, el porcentaje de hojas disminuye.

En lo referente al material tallo, se encontró diferencia significativa ($P<0,05$), entre las frecuencias evaluadas, mostrando valores de 42,21%, 58,16%, 64,16% y 76,43% para las frecuencias de 30, 45, 60, y 75 días, respectivamente; opuesto al material hoja, el tallo aumenta al incrementar la frecuencia de corte.

Composición Química

Proteína cruda

Las frecuencias de corte ($P=0,1937$) y la interacción materiales

por frecuencia de corte ($P=0,6182$) no afectaron estadísticamente los contenidos de proteína cruda, con un R^2 de 0,82 y un CV de 23,3%. Independientemente de la frecuencia de corte, se encontró diferencia significativa ($P<0,05$) entre los distintos componentes de la planta analizados (Cuadro 3), el material hoja varió su contenido de PC de 23,55% a 30,37%, la planta entera, de 14,13% y 21,19%, resultados similares encontró López *et al.* (2012), en *Tithonia diversifolia* con 19,4% y Polo y Lara (2003), al evaluar la forrajera arbustiva *Morus alba* a diferentes edades de corte, Pérez *et al.* (2009) la considera, que puede ser empleada como fuente proteica en pastoreo o como forraje para los rumiantes y los monogástricos. Su contenido más bajo se registró en el material tallo con valores que oscilaron entre 8,44% y 11,24%, Nayra *et al.* (2005) plantea que la diferencia del valor nutritivo de la biomasa forrajera depende de la edad del pasto y de las épocas secas y lluviosas.

CUADRO 2. CUADRADO MEDIO PARA HOJA y TALLO DE LA *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) A. GRAY EN BUGABA, CHIRIQUÍ - PANAMÁ.

FV	gl	CM de material hoja	CM de material tallo
Modelo	5	2341,848 **	2341,84818**
Frecuencia de corte	3	3901,0315 **	3900,95143**
Bloque	2	3,19586 ^{NS}	3,19332 ^{NS}
Error	108	101,979	101,977
Total	113	22723,234	22722,761

** Diferencia altamente significativa $P<0,0001$; ^{NS} no hubo diferencia significativa.

CUADRO 3. MEDIAS DE CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA (PC), CALCIO (Ca), FÓSFORO (P) Y MAGNESIO (Mg) DE LA *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) A. GRAY EN BUGABA,, CHIRIQUÍ - PANAMÁ.

Material	PC	Ca	P	Mg
Hoja	26,132 ^a	2,281 ^a	0,234 ^a	0,384 ^a
Planta entera	17,848 ^b	1,673 ^a	0,200 ^{ab}	0,347 ^a
Tallo	9,473 ^c	0,689 ^b	0,139 ^b	0,297 ^a

Medias con las misma letra no son estadísticamente significativas $P < 0,05$ (Tukey).

MINERALES

Calcio

El contenido de calcio varió significativamente ($P < 0,05$) en el material tallo, no así en hoja y planta entera (Cuadro 3); las frecuencias de corte no se afectaron estadísticamente ($P = 0,585$); valores similares (1,55) reportaron López *et al.* (2012), Navarro y Rodríguez (1990), encontraron niveles superiores de calcio entre 1,96 y 2,47 en diferentes estados de madurez de la planta.

Fósforo

El fósforo fue diferente ($P < 0,05$) entre los materiales tallo, hoja y planta entera, respectivamente (Cuadro 3); los contenidos de éste mineral no fueron diferentes ($P = 0,310$), entre las frecuencias de corte; López *et al.* (2012) y Navarro y Rodríguez (1990) reportaron valores más altos de éste mineral entre 0,32 y 0,38, lo que posiblemente puede estar relacionado con lo encontrado por Mahecha *et al.* (2007), que al comparar los contenidos de minerales de la *Tithonia*

diversifolia y el suelo donde se desarrolló el cultivo, encontró una relación positiva entre estos.

Magnesio

El magnesio no se afectó significativamente ($P = 0,2934$) entre los materiales hoja, planta entera y tallo (Cuadro 3); al igual que las frecuencias de corte ($P = 0,335$); sin embargo, los valores encontrados son altos, muy superiores a los reportados por Lezcano *et al.* (2012), Wanjau *et al.* (1998) y Mahecha *et al.* (2007).

CONCLUSIONES

- Al aumentar la frecuencia de corte mejora el rendimiento de materia seca.
- Los contenidos nutricionales (proteína cruda, calcio, fósforo y magnesio) de la *Tithonia diversifolia* no fueron afectados por las frecuencias de corte.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, USA). 1970. Methods of Analysis. 11th ed. Washington, DC, George Benta Company, inc. 1,015 p.
- CIAT (Centro de Investigación Agricultura Tropical, CO) 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. 168 p.
- Hernández, I; Milera, M; Simón, L; Hernández, D; Iglesias, J; Lamela, L; Toral, O; Matías, C; Geraldine, F. 1998. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. *In* Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo no. 4.
- Hertentains, LA; Troetsch, O; Santamaría, E; Carreño, LA. 2005. Influencias de las frecuencias de corte sobre la producción de biomasa y composición química de cultivares de *Pennisetum purpureum* en dos localidades de Bugaba, Chiriquí, Panamá. 1999 – 2002. Ciencia Agropecuaria 18:51-64.
- Lezcano, Y; Soca, M; Ojeda, F; Roque, E; Fontes, D; Montejo, IL; Santana, H; Martínez, J; Cubillas, N. 2012. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. Pastos y Forrajes (en línea). 35(3):275-282. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269125186003>
- López, O; Montejo, I L; Lamela, L. 2012. Evaluación del potencial nutricional de cuatro plantas forrajeras para la alimentación de reproductoras cunículas (Nota técnica) (en línea). Pastos y Forrajes 35(3):293-300. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942012000300005&script=sci_arttext
- Mahecha, L; Escobar, JP; Suárez, JF; Restrepo, LF. 2007. *Tithonia diversifolia* (Helmsl.) A. Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú) (en línea). Livestock Research for Rural Development. 19(2):1-6. Consultado 17 mayo 2016. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/2/mahe19016.htm>
- Navarro, F; Rodríguez, EF. 1990. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia*

- Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima.
- Nayra, H; Antonio, M; Sampson, M; Francisco, C; Velásquez, A; Daniel, E. 2005. Evaluación del comportamiento fenológico y productivo del pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) en el trópico seco del Municipio de León. Tesis. Ingeniería en Agroecología Tropical. UNAN-León. 73 p.
- Pérez, A; Montejó, I; Iglesias, JM; López, O; Martín, GJ; García, DE; Milian Idolkis; Hernández, A. 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes* (en línea). 32(1):1-15. Consultado 9 sept. 2011. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942009000100001&lng=es&nrm=iso
- Pinzón, B; Montenegro, R. 2000. Evaluación del pasto Gualaca (*Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133) en producción de carne. *Ciencia Agropecuaria* no.10:15-24.
- Polo, EA; Lara, A. 2003. Producción y calidad de biomasa de la Morera (*Morus alba*) Bajo tres distancia de siembra y frecuencia de poda. Chepo, Panamá. 1998 – 2000. *Ciencia Agropecuaria* no. 13:205 – 214.
- Ramírez-Rivera, U; Sanginés-García, JR; Escobedo-Mex, JG; Cen-Chue, F; Rivera-Lorca, JA; Lara-Lara, PE. 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep (en línea). *Agroforestry System*. 80(2):295-302. Consultado 17 mayo 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/227099944_Effect_of_diet_inclusion_of_Tithonia_diversifolia_on_feed_intake_digestibility_and_nitrogen_balance_in_tropical_sheep.
- Ríos, CI. 1997. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da edición. Colciencias - CIPAV. Cali, CO. p. 115-126.
- Ríos-Kato, CI. 1998. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico (en línea). Conferencia electrónica

- de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Consultado 31 nov. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.htm>
- Ruíz, TE; Febles, GJ; Galindo, JL; Savón, LL; Chongo, BB; Torres, V; Cino, DM; Alonso, J; Martínez, Y; Gutiérrez, D; Crespo, GJ; Mora, L; Scull, I; La O, O; González, J; Lok, S; González, N; Zamora, A. 2014. *Tithonia diversifolia*, sus posibilidades en sistemas ganaderos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 48(1):79-82. Consultado 31 nov. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193030122017>
- Salazar, A. 1992. Evaluación agronómica del "botón de oro" (*Tithonia diversifolia*) (familia compuesta) y el "pinocho" o "resucitado" (*Malvaviscus penduliflorus*) (familia malvaceae). In Informe de becarios II semestre de 1991 y I semestre 1992 de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, CO. p. 27-31.
- Sánchez-Lara, VH; Bueno-Guzmán, GA; Pérez-Bonna, R. 2002. Evaluación agronómica de especies nativas con potencial forrajero en el Departamento Del Guaviare. Corpoica, Boletín Técnico no. 40:9-11.
- Savón, L; Mora, LM; Dihigo, LE; Rodríguez, V; Rodríguez, Y; Scull, I; Hernández, Y; Ruíz, TE. 2008. Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba (en línea). Zootecnia Trop. 26(3):387-390. Consultado 30 mayo 2016. Disponible en http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300051&lng=es&nrm=iso
- Sierra-Posada, JO. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. 2da edición. Editorial Universidad de Antioquia. p. 200.
- Steel, RC; Torrie, JH. 1980. Principles and procedures of statistics: A biological approach. 2nd ed. McGraw-Hill Publishing and Co. New York.
- Wanjau, S; Mukalama, J; Thijssen, R. 1998. Transferencia de biomasa: cosecha gratis de fertilizante. LEISA Revista de Agroecología 13(3):25.

MANEJO INTEGRAL DE INSECTOS PICADORES Y CHUPADORES EN CULTIVOS DE SANDÍA¹

Anovel Barba-Alvarado²; Vidal Aguilera-Cogley³; Román Gordón-Mendoza⁴

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar diferentes sistemas de manejo de plagas en sandía (*Citrullus lanatus*), se realizó un experimento en la Estación Experimental El Ejido de IDIAP, localizada en el Ejido, provincia de Los Santos, Panamá. Se evaluaron tres tratamientos, uno consistió en manejo convencional de plagas (MCP) sin muestreo, otro con un sistema de manejo integrado plagas (MIP) con muestreo y un tercer tratamiento testigo sin aplicación. El análisis de varianza mostró que existe diferencia altamente significativa ($P < 0,01$) entre los sistemas MIP y MCP en relación al testigo; lográndose mantener en ambos sistemas las poblaciones de *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii* y *Thrips palmi* por debajo de los umbrales de acción establecidos en la investigación durante la etapa crítica del cultivo. Las poblaciones de *A. gossypii* colonizaron el cultivo desde los 16 días después del trasplante (ddt) y se incrementaron durante todo el ciclo fenológico del cultivo hasta alcanzar un porcentaje promedio alto entre 41 ddt y 51 ddt con un 26% y 30% de las plantas infestadas en el tratamiento testigo. También se observó un incremento en las poblaciones de depredadores como *Cycloneda sanguinea* y de la familia Sirphidae, existiendo una fuerte correlación, $r = 0,73$ ($P < 0,01$); $r = 0,78$ ($P < 0,01$), con el incremento en el grado de infestación de *A. gossypii* en campo. No existieron diferencias significativas en el rendimiento entre los sistemas de manejo integrado MCP y MIP. Sin embargo, el sistema de manejo MIP, produjo una mayor tasa de retorno marginal con 363,6%, debido al menor número de aplicaciones de insecticida. Por consiguiente, la práctica de muestreo y uso de umbrales de acción son importantes en los programas de manejo integrado.

PALABRAS CLAVES: *Citrullus lanatus*, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci*, *Frankliniella* sp., *Thrips palmi*.

¹Recepción: 13 de junio de 2016. Aceptación: 26 de agosto de 2016.

²Ph.D. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). Grupo de Investigación en Protección Vegetal (GIVP). e-mail: anovel.barba@idiap.gob.pa

³Ph.D. en Micología. IDIAP. CIAC. Grupo de Investigación en Protección Vegetal (GIVP).

⁴M.Sc. de Protección Vegetal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA).

INTEGRAL MANAGEMENT OF PIERCING AND SUCKING INSECTS OF THE WATERMELON CROPS

ABSTRACT

With the aim of assessing different systems of the pest management in the crops of watermelon (*Citrullus lanatus*), an assay was carried out at the experimental station El Ejido, in Los Santos, Panama. Three types of treatments were evaluated; a conventional treatment without monitoring (CT), an integrated pest management with monitoring (IPM) and an untreated control. The analysis of variance showed a highly significant difference between the systems of IPM and CT related to untreated control ($P < 0,01$). The population of *Bemisia tabaci*, *Aphis gossypii* and *Thrips palmi* in both the treatment was kept under the threshold established by this research during the critical stage of cultivation of watermelon crop. The population of *A. gossypii* colonized the crop 16 days after transplanting (DAT) and increased during the whole phenological cycle of the plant until reaching the average infestation of 26% and 30% during 41 and 51 DAT in the untreated control. The increase of the population of the predators such as *Cycloneda sanguinea* and the insects of the family Syrphidae were also observed, and the high correlation, $r = 0,73$ ($P < 0,01$) and $r = 0,78$ ($P < 0,01$), existed with the increase of the level of the infestation of *A. gossypii* in the field. No significant difference in the yield existed between both the systems of CT and IPM. Nevertheless, the marginal return increased 363,6% in the system of IPM by reducing the applications of insecticides. Therefore, the practice of sampling and the early action are important for the program of the integrated management.

KEY WORDS: *Citrullus lanatus*, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci*, *Frankliniella* sp., *Thrips palmi*.

INTRODUCCIÓN

Es difícil cuantificar el impacto causado por insectos picadores y chupadores como: mosca blanca, *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y áfidos, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) sobre la producción de sandía (*Citrullus lanatus* Thumb.) (Herrera-Vásquez *et al.* 2013, Morales y Jones 2004, Guerra *et al.* 2002). El efecto fitófago de *A. gossypii* produce una reducción en

el rendimiento entre 32,5% y 91,1%, en cultivares de melón (*Cucumis melo* L.) (Gordón M *et al.* 2002). A los problemas de *B. tabaci* y *A. gossypii*, se suma ahora, el de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) (Barba y Suris 2015, Herrera-Vásquez y Barba 2013), del cual se registran pérdidas del 85% en la producción de sandía y de 54% a 95% en pepino (*Cucumis sativus* L.) y berenjena (*Solanum melongena* L.) (SAGARPA 2012).

En la región de Azuero, debido al problema de *B. tabaci* y *A. gossypii* se han evaluado diferentes estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) que incluyeron tácticas: químico, culturales, fitogenético y biológicos, priorizando el control químico (Gordón M *et al.* 2003, Vong C *et al.* 2003, Gordón M *et al.* 2002). Cabe destacar que algunas tácticas como poda, uso de cobertura reflectiva, uso de insecticidas biológicos y químicos selectivos han mostrado reducir las poblaciones de insectos vectores y la incidencia de enfermedades virales (Gordón M *et al.* 2000a, Gordón M *et al.* 2000b, Vong C *et al.* 2003). Sin embargo, estas no se practican con un enfoque integral en el cultivo de sandía en la región de Azuero, al privilegiar la utilización de plaguicidas sintéticos sobre los otros métodos de control (Barba *et al.* 2015).

La utilización indiscriminada de agroquímicos, en especial los insecticidas de amplio espectro, ha provocado que se agudicen más los problemas en el manejo de insectos vectores (Morales 2006, Alvarado *et al.* 2003, Gordón M *et al.* 2002). Algunos productores aplican hasta dos veces por semana totalizando al final del periodo de cultivo de 12 a 15 aplicaciones de químicos (Gordón M *et al.* 2003). Existe una tendencia al incremento en el uso de plaguicida para los próximos años, por lo que la sociedad

estará mayormente expuesta (Espinosa y Barba 2014).

El abuso de pesticidas y el uso de materiales de siembra infestadas son factores que contribuyen al desarrollo de epifitias de virus en cultivos (Morales 2006, Vázquez 2008). El manejo integrado de plagas reduce la necesidad de plaguicidas, ya que actúa sobre la base de muestreos, umbrales de acción e integración de prácticas culturales y biológicas entre otras. Cabe destacar que el MIP puede tener diferentes niveles de integración, incorporando en cada nivel sucesivo los componentes de nivel presente. El primer nivel (nivel I) integra tácticas para el control de plaga o de un complejo de plagas dentro de una categoría (Toledo y Infante 2008). Según Altieri y Nicholl (2000), las interacciones complementarias entre los diversos componentes bióticos pueden ser utilizadas para inducir efectos positivos y directos en el control de plagas específicas de cultivos. La filosofía del MIP, se acopla a los principios de agricultura sustentable, ya que sus estrategias y tácticas toman en cuenta los intereses de los productores y la sociedad; así como el impacto en el ambiente (Toledo y Infante 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar dos sistemas de manejo de plagas, el sistema manejo convencional de plagas (MCP), sin monitoreo, ni umbrales de

acción para la toma de decisiones en el control de insectos plagas en comparación con el sistema MIP, el cual considera muestreos, umbrales de acción y periodos críticos del cultivo; en el cual se incluye la integración de tácticas de manejo para insectos vectores, análisis de residuos tóxicos y económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó entre los meses de enero a marzo de 2008, en la Estación Experimental El Ejido del IDIAP, en el Ejido, provincia de Los Santos, Panamá, localizada a 7° 53' latitud Norte y 80° 23' de longitud Oeste, a unos 23 msnm. La temperatura media en el mes de enero fue de 27,6° C y aumento, 0,5° C en febrero y 1° C en marzo, respectivamente.

La preparación de la parcela experimental consistió en un pase de semi roma, tres pases de rastra liviana y surcado. Dentro de las prácticas de manejo, se incluyó el uso de cobertura de polietileno, color negro – plateado. Las plántulas de sandía se obtuvieron en casas de vegetación. También barrera viva de maíz IDIAP – amarillo precoz' (Camargo y Gordón 2000), en doble hilera, sembrada en forma perpendicular a la dirección del viento en los sistema de manejo evaluados. En cuanto al manejo de la fertirrigación fue realizado de acuerdo a los requerimientos del cultivo de sandía,

evitando siempre el exceso de nitrógeno (Osorio *et al.* 2012). Todas estas prácticas contribuyen a reducir las poblaciones de insectos vectores (Ortega 2008). El cultivar utilizado tipo Crimson Quetzalí, cultivar utilizado por el 90% de los productores en la región de Azuero (Barba *et al.* 2015). El control de enfermedades se realizó previo monitoreo en campo y se aplicó metalaxil + mancozeb, en una sola aspersión, para el control de *Pseudeperonospora cubensis*.

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por tres surcos, a una distancia de 0,80 m entre planta y 1,80 m entre hilera (6944 plantas. ha⁻¹) cada surco midió 10 m de longitud. La parcela efectiva estuvo conformada por ocho plantas del surco central de cada unidad experimental.

El experimento constó de dos factores, el primer factor fue la parcela principal (semanas de muestreo) y el segundo para las subparcelas donde se aplicaron los sistemas de manejo integrado.

Los sistemas de manejos consistieron en:

1. Manejo convencional de plagas (MCP) sin muestreo, ni umbral de

acción con frecuencia de aplicación de insecticidas semanal, que incluyó seis aplicaciones de insecticidas.

2. Manejo integral de plagas (MIP) con muestreo y umbral de acción como criterio para la toma de decisión de aplicación de insecticidas selectivos, que incluyó dos aplicaciones de insecticidas.
3. Testigo sin aplicación de insecticidas.

Los muestreos se realizaron con una frecuencia de siete días. Para cuantificar los niveles de infestación de *B. tabaci* y *A. gossypii* se utilizó la escala de evaluación propuesta por Korytkowski (2003), donde se consideró, Grado 0: ningún individuo; Grado 1: 1 - 5 individuos; Grado 2: 6 - 10 individuos; Grado 3: 11 - 25 individuos y Grado 4: más de 25 individuos. Los niveles críticos utilizados para la toma de decisiones de control se presentan en el Cuadro 1. Se observó la presencia de los siguientes enemigos naturales: Coccinellidae (Coleoptera), Sirphidae (Diptera), Chrysopidae (Neuroptera) y arañas (Araneae). Los muestreos se realizaron antes de cada

aplicación y posterior a la aplicación de los tratamientos. Durante la etapa de plántula, se muestreó toda la planta, posterior a esta etapa se tomó la guía principal. Se realizaron conteos en campo de ninfas y se recolectaron muestras de especímenes adultos con la ayuda de aspiradores, paneles o placas blancas, sobre brotes terminales y flores del cultivo de sandía.

Los especímenes se recogieron con ayuda de un pincel humedecido con alcohol al 75% y los mismos se depositaron y preservaron en viales de 2 ml con alcohol al 75% y trasladados al laboratorio de Protección Vegetal del Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC) - Divisa, para montaje e identificación (Voegtlin *et al.* 2003, Ortega 2008, IPPC 2010). En el Cuadro 2 se muestran los momentos de aplicación y las dosis de los insecticidas utilizados en cada tratamiento. Para la determinación del rendimiento, se contó el número y peso (kg) de fruto por planta por sistema de manejo evaluado. Adicional, se realizó una prueba de AChE (inhibición de la

CUADRO 1. NIVELES CRÍTICOS UTILIZADOS PARA LA TOMA DE DECISIONES DE CONTROL DE INSECTOS PICADORES CHUPADORES.

Insecto plaga	Nivel crítico
<i>B. tabaci</i>	Grado 1 en 20% o más de las plantas evaluadas
<i>A. gossypii</i>	Grado 1 en 25% o más de las plantas evaluadas
<i>Frankliniella</i> sp. y <i>T. palmi</i>	<20% de infestación de las plantas evaluadas

enzima colinesterasa) para determinar la presencia de insecticidas de la familia carbamatos y organofosforados a muestras de frutos a fin de asegurar la calidad de la fruta. La misma, fue realizada en el laboratorio de toxicología localizado en el mercado de abasto, ciudad de Panamá.

Se verificaron los supuestos de normalidad Shapiro – Willks (Mahibbur y Govindarajulu 1997). Los datos se transformaron con $\sqrt{X+1}$. Se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA), las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las medias se determinó mediante la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS). Se realizó un análisis económico de presupuesto parcial y tasa de retorno marginal (CIMMYT 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Moscas Blancas: *B. tabaci*

Las poblaciones de moscas se detectaron a partir del segundo muestreo; durante la etapa de elongación del tallo y hojas verdaderas del cultivar Quetzalí (Osorio *et al.* 2012). La fluctuación poblacional vario durante el ciclo del cultivo, siendo la fase reproductiva y desarrollo del fruto (fructificación) donde se presentó la mayor abundancia de *B. tabaci*. El análisis de varianza mostró que existió diferencia altamente significativa entre las semanas de muestreos; sin embargo, entre los sistemas de manejo e interacción entre las semanas de muestreos y sistemas de manejo, no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 3).

CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DE LOS MANEJOS Y MOMENTO DE APLICACIÓN DE LOS INSECTICIDAS UTILIZADOS.

Sistema	Manejo Integrado de Plagas		Manejo Convencional de plagas		
(ddt)	Ingrediente	Dosis de producto	Ingrediente	Dosis de producto	Testigo
	activo	comercial/ha	activo	comercial/ha	
01	imidacloprid	250 g	imidacloprid	35 kg	Sin aplicación
	(granulo		(granulo)		
	dispersable)				
09			lambda cialotrina	92 cc	Sin aplicación
16			clorfenapir +	230 cc	
			abamectina	230 cc	Sin aplicación
23			tiametoxan	307 g	Sin aplicación
30			dimetoato	500 cc	Sin aplicación
37	spinosad	575 cc	spinosad	575 cc	Sin aplicación

ddt: Días después del trasplante.

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE INFESTACIÓN DE MOSCAS BLANCAS.

FV	gl	CM
Semana de muestreo	6	0,0477**
Repetición	3	0,0109 ^{ns}
Error A	18	0,0077
Sistema de manejo	2	0,0010 ^{ns}
Semana de muestreo * Sistema de manejo	12	0,0006 ^{ns}
Error B	42	0,0021

Nivel de significancia: ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ^{ns} = no significativo.

Las poblaciones se mantuvieron por debajo de los umbrales de acción durante la etapa de establecimiento del cultivo, que es cuando el cultivo de sandía es más susceptible al daño de *B. tabaci*.

En relación a los enemigos naturales de *B. tabaci*, se han realizado varias compilaciones (González *et al.* 2009, Bernal 2014), siendo los parasitoides *Eretmocerus* spp. y *Encarsia pergandiella*, los dominantes en Azuero. Sin embargo, no se encontraron parasitoides de *B. tabaci*, durante ciclo del cultivo. En este sentido, no existen registros de parasitoides de *B. tabaci* asociados a agroecosistemas de sandía, según literatura consultada. Adicional, es de considerar algunas características de la planta hospedante, pudiese afectar la oviposición, densidad de tricomas, ceras de las hojas, metabolitos secundarios. Smith H *et al.* (2014), sugiere algunos roles que pudiese tener las arvenses en la

regulaciones de poblaciones de *B. tabaci* en agroecosistemas, ya que proveen hábitat para predadores y parasitoides.

Las poblaciones de *B. tabaci* se correlacionaron con el incremento en poblaciones de *Cycloneda sanguinea* ($r = 0,46$; $P < 0,01$). Los coccinélidos en los agroecosistemas se alimentan principalmente de huevos e instares ninfales de moscas blancas (Smith H *et al.* 2014). Las poblaciones de *B. tabaci* se mantuvieron por debajo de los umbrales de acción establecidos para el experimento durante la etapa crítica del cultivo.

El análisis de separación de medias indicó que los porcentajes más altos de infestación se observaron en la última semana de muestreo realizada a los 51 ddt con un promedio de infestación de 37,5%, seguido de la sexta semana de muestreo realizado a los 44 ddt con promedio de infestación de 16,68% (Figura 1).

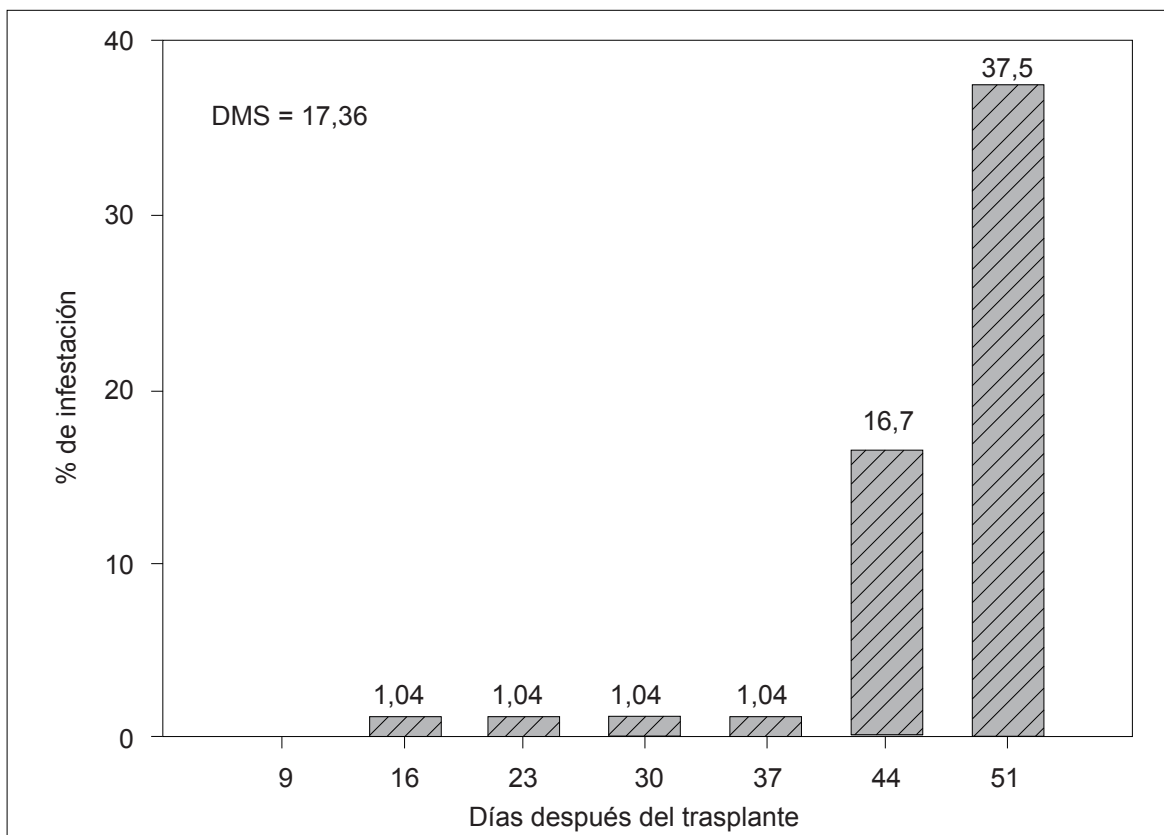


Figura 1. Porcentaje de infestación promedios de mosca blanca por semana de muestreo.

Áfidos: *A. gossypii*

Las poblaciones de *A. gossypii* mostraron grados de infestación superiores, a *B. tabaci*. El análisis de varianza realizado a *A. gossypii*, reveló diferencias significativas y altamente significativas entre los muestreos y sistemas evaluados, en relación al testigo (Cuadro 4). Esto pudiese explicarse por las interacciones entre los niveles tróficos inferior, influenciados por prácticas agrícolas apropiadas de manejo, que limitan las poblaciones de las plagas (Polack 2008). Existió una correlación

positiva $r = 0,43$; ($P < 0,01$), entre las poblaciones de *A. gossypii* y *B. tabaci*. En los sistemas de cultivo, la integración y diversidad de prácticas influyeron en el ciclo de desarrollo de poblaciones de insectos (Altieri y Nicholls 2000, Polack 2008, Ortega 2008).

Las densidades poblacionales variaron entre semana de muestreos. Las poblaciones colonizaron el cultivo a los 16 ddt y se incrementó durante todo el ciclo fenológico del cultivo de sandía. Siendo entre 44 y 51 ddt donde se detectaron los

CUADRO 4. PORCENTAJE DE INFESTACIÓN PROMEDIO DE ÁFIDOS POR SEMANA DE MUESTREO.

FV	gl	CM			
		Áfidos Grado 1	Áfidos Grado 2	Áfidos Grado 3	Áfidos Grado 4
Semana de muestreo	6	0,0109**	0,0008*	0,0009**	0,0386**
Repetición	3	0,0022 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Error A	18	0,0011	0,0010	0,0004	0,0017
Sistema de manejo	2	0,0017 ^{ns}	0,0035**	0,0039**	0,0937**
Semana de muestreo* Sistema de manejo	12	0,0056**	0,0008**	0,0008**	0,0268**
Error B	42	0,0010	0,0002	0,0003	0,0021

Nivel de significancia: ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ^{ns} = no significativo.

porcentajes de infestación acumulados más altos, alcanzando infestaciones de grado 4 con un 26,04% y 30,21%, respectivamente (Figura 2). Produciendo el colapso de la planta en el tratamiento testigo, durante la etapa de desarrollo del fruto. Sin embargo, las poblaciones se mantuvieron por debajo de los umbrales establecidos durante la etapa crítica del cultivo, en los dos sistemas de manejo evaluados. Solo se requirieron dos aplicaciones de insecticidas selectivos en el sistema de manejo integrado MIP, en tanto que en el sistema MCP, se requirieron seis aplicaciones.

En relación al efecto de control de los sistemas de manejo integrado con respecto a los áfidos, se pudieron observar diferencias significativas entre los mismos. La prueba de separación de medias indicó que el tratamiento

testigo fue el que presentó las mayores infestaciones (Figura 3) y los sistemas de producción MIP y MCP obtuvieron los menores promedios de infestación, sin presentar diferencia estadística entre ellos.

En relación a la interacción semana de muestreo por sistema de manejo, sirvió de parámetro para medir la respuesta de los tratamientos en los diferentes momentos en que se realizaron los muestreos y aplicaciones. El efecto de aplicación de granulo de imidacloprid al momento de la siembra mantuvo las poblaciones por debajo del umbral de acción hasta los $\pm 47,5$ ddt, durante la etapa crítica del cultivo de sandía, en el sistema MIP, que es cuando emigran las primeras poblaciones de adultos de campos cultivados.

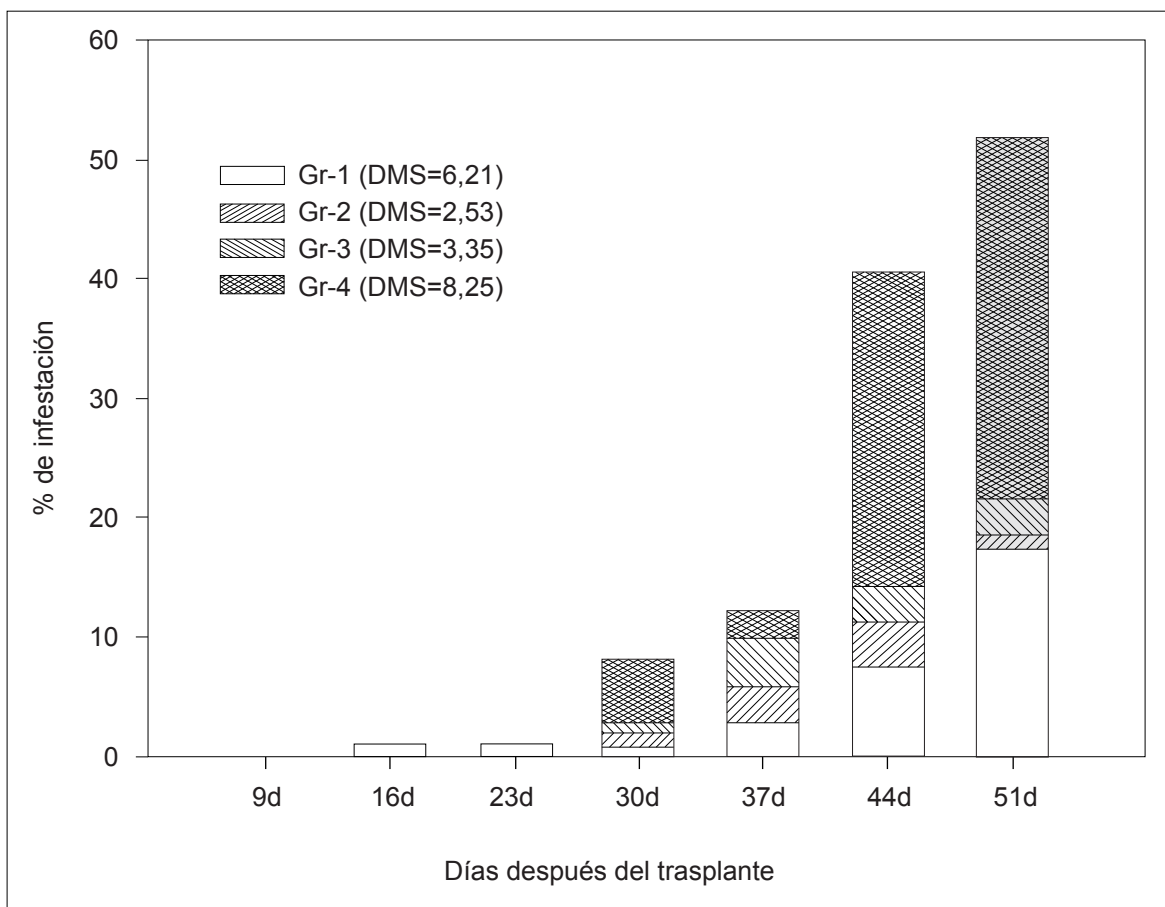


Figura 2. Porcentajes de infestación promedios de áfidos por muestreo.

El efecto de la interacción entre semanas de muestreos por sistema de manejo integrado, se observó en las variables áfidos grado 1, 2, 3 y 4 con diferencias altamente significativas. Estas poblaciones se incrementaron en la etapa de fructificación hasta la maduración o cosecha. También se observó un incremento en las poblaciones de depredadores como *Cycloneda sanguinea* y *Syrphidae*, existiendo una fuerte

correlación, $r = 0,73$ ($P < 0,01$); $r = 0,78$ ($P < 0,01$), con el incremento en el grado de infestación de *A. gossypii* en campo. El alto grado de infestación de *A. gossypii*, produjo daños directos e indirectos, por efecto de la producción de mielecillas que favoreció el desarrollo del hongo fumagina, el cual cubrió de hollín, con la consecuente reducción en la cantidad y calidad del fruto en el tratamiento testigo.

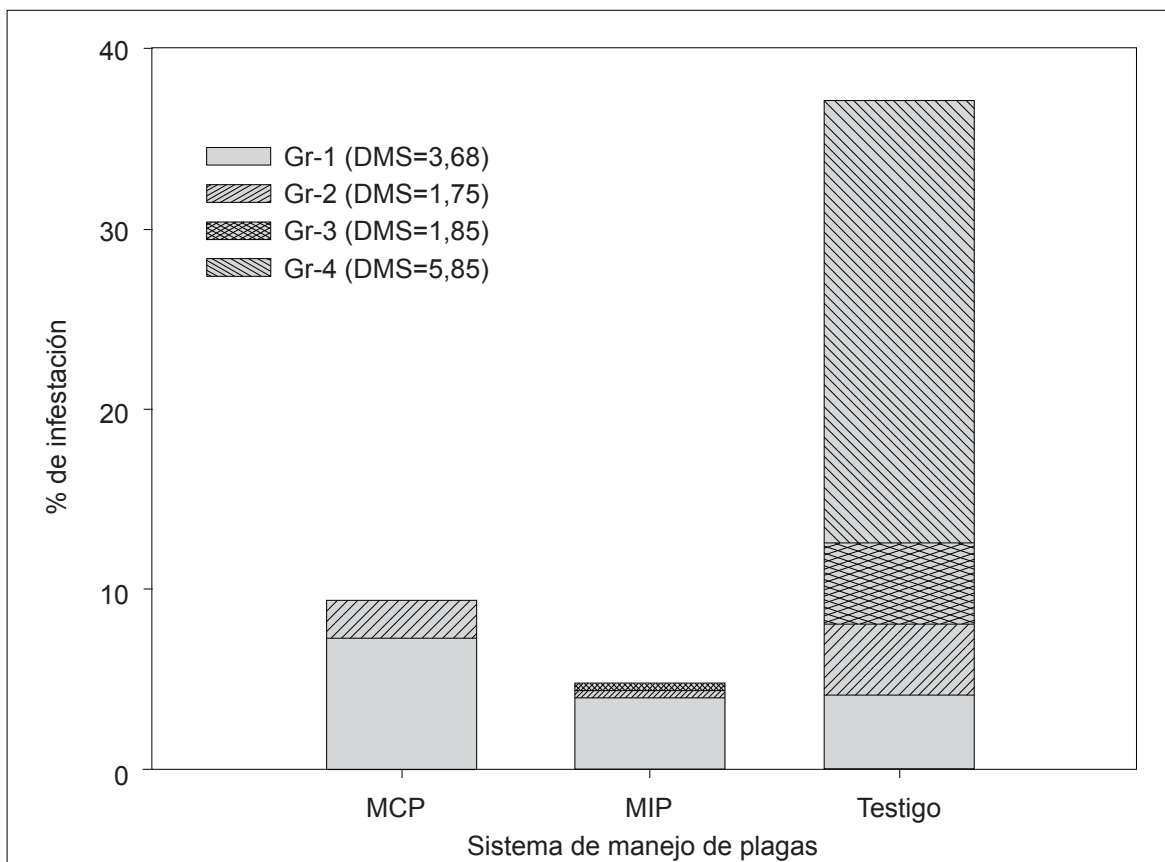


Figura 3. Porcentajes de infestación promedios de áfidos por muestreo por sistema de manejo.

Trips: *Frankliniella* sp. y *T. palmi*.

Las poblaciones de trips presentaron bajos niveles de infestación durante todo el ciclo del cultivo. Las primeras poblaciones se detectaron a partir del segundo muestreo cuando el cultivo tenía 16 ddt, sin embargo, el porcentaje de infestación en promedio no sobrepasó 0,59% durante todo el ciclo del cultivo. Los niveles de infestación durante el desarrollo de la investigación se mantuvieron por debajo de los umbrales establecidos para el control, incluyendo el Testigo. El análisis de varianza realizado

a las poblaciones de *T. palmi*, indicó que no hubo diferencias significativas entre las semanas de muestreo, sistema de manejo integrado ni tampoco hubo interacción significativa entre ambos factores (Cuadro 5).

Trabajos realizados por Barba 2015, indican que las poblaciones de *T. palmi* se presentan durante todo el desarrollo fenológico del cultivo, incrementándose desde la floración hasta la maduración, que es cuando alcanza su mayor densidad. Adicionalmente, existen

CUADRO 5. CUADRADOS MEDIOS DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE INFESTACIÓN DE TRIPS.

FV	gl	CM
Semana de muestreo	6	0,00019 ^{ns}
Repetición	3	0,00035 ^{ns}
Error A	18	0,00025
Sistema de manejo	2	0,00004 ^{ns}
Semana de muestreo * Sistema de manejo	12	0,00015 ^{ns}
Error B	42	0,00013

Nivel de significancia: ** = $P < 0,01$; * = $P < 0,05$; ^{ns} = no significativo.

factores bióticos y abióticos que influyen en las poblaciones de *T. palmi* en sistemas agrícolas (Vázquez 2003). Kawai (1985) menciona que existe competencia inter específica entre *T. palmi* y *A. gossypii*, esta última especie fue la dominante en campo.

Calidad - Rendimiento de fruto

El resultado de la prueba de inhibición de la enzima colinesterasa (AChE) de insecticidas realizada a muestras de frutos de lotes bajo los sistemas de MCP y MIP, presentó niveles inferiores al 35%, lo que indica que la fruta es apta para el consumo.

En relación al rendimiento de fruta, no se encontró diferencias significativas entre los sistemas de manejo MCP y MIP ($P > 0,05$). Sin embargo, se realizó un análisis económico de los sistemas

de manejo que involucró precio de los insecticidas, costo de aplicación, conforme al precio de la fruta en planta de empaque durante el período que se realizó el experimento.

Al realizar el análisis de dominancia de los sistemas de manejo se observó que el sistema MCP es dominado (D) con respecto al sistema MIP ya que presentó mayores costos que varían y menos beneficios netos (Cuadro 6). Al calcular la tasa de retorno marginal muestra que el sistema MIP es el más eficiente con 363,6%, es decir que por cada dólar invertido en el sistema MIP el agricultor podrá recuperar su inversión y ganar B/.3,63, lo cual sugiere que este sistema de manejo pudiese ser una alternativa económicamente viable y amigable con el ambiente ya que requirió de menos aplicaciones de insecticidas.

CUADRO 6. PRESUPUESTO PARCIAL Y TASA DE RETORNO MARGINAL DE LOS SISTEMAS DE MANEJO INTEGRADO.

Sistema de Manejo	Rendimiento (kg/ha)	Beneficios Brutos (B/.ha)	Costo que Varían (B/.ha)	Beneficios Netos (B/.ha)	Tasa de Retorno Marginal (%)
Testigo	27 059	4 167,15	-----	4 167,15	-----
MIP	33 168	5 107,83	202,90	4 904,93	363,6
MCP	33 062	5 091,47	381,90	4 709,57	D

CONCLUSIONES

- La aplicación de diversidad de tácticas de manejo con alto potencial práctico, minimizaron los daños causados por insectos vectores. Todas ellas integradas dentro de una estrategia de manejo integrado.
- Los sistemas de manejo evaluados lograron mantener las poblaciones bajas de insectos vectores durante la etapa crítica del cultivo de sandía, incluyendo *T. palmi*, plaga de interés fitosanitario.
- De los sistemas de manejo evaluados, el MIP, que integra un mayor número de tácticas dentro de la estrategia de manejo, mostró efectividad en la protección del cultivo, y de menor impacto en salud y ambiente, reflejado en la disminución del número de aplicaciones, rendimiento, calidad de frutos y rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M; Nicholls, C. 2000. Teoría y práctica para la agricultura sustentable. 1era edición. Programa de la Naciones Unidas para el medio ambiente. Red de Formación ambiental para América Latina y el Caribe. MX. 257 p.
- Alvarado, L; Sánchez, J; Zachrisson, B; Fernandez, O. 2003. Distribución del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) en la zona central y en la provincia de Panamá, República de Panamá. 2001. Revista Actualidad Agropecuaria 14:81-94.
- Barba, A, Suris, M. 2015. Incidence of *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) in weeds associated with the watermelon crop for the region of Azuero, Panama. Rev. Protección Veg. 30(3):171-175.

- Barba, A. 2015. Manejo Integrado de *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) en el cultivo de sandía de Exportación en la Región de Azuero, Panamá: Distribución de *T. palmi* en la planta de sandía. Tesis doctoral, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Universidad Agraria de la Habana, Cu. 100 p.
- Barba, A; Espinosa, J, Suris, M. 2015. Adopción de prácticas para el manejo agroecológico de plagas en la sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) en Azuero, Panamá. Rev. Protección Veg. 30(2):104-114.
- Bernal, J. 2014. Diversidad de especies de los parasitoides de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos y malezas en Panamá. Rev. Tecnociencia 16(2):9-31.
- Camargo, I; Gordón, R. 2000. IDIAP Amarillo Precoz; una variedad de maíz de ciclo corto, para el pequeño productor. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 2 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México DF, MX. 79 p.
- Espinosa, J; Barba, A. 2014. Reseña histórica de la problemática de contaminación por agroquímicos y mecanismos de regulación en Panamá. Universidad de Panamá. Rev. Antataura Visión 2:37-48.
- González, G; Guerra, J; Villarreal, N; Adames, k; Araúz, L; Núñez, J. 2009. Contribución al conocimiento de los parasitoides de mosca blanca en Panamá. Nota de Investigación. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 3 p.
- Gordón M, R; Franco, J; González, A. 2002. Comportamiento de insectos plagas a la aplicación de insecticidas en dos cultivares de melón en la región de Azuero, Panamá. 1996. Revista Ciencia Agropecuaria 12:95-111.
- Gordón M, R; Franco, J; González, A. 2003. Efectividad de insecticidas de origen biológico para control de áfidos y mosca blanca en melón. Los Santos. Revista Ciencia Agropecuaria 13:17-28.

- Gordón M, R; Franco, J; González, A; Guerra, J. 2000a. Efecto de la poda e insecticidas en el manejo de las principales plagas del cultivo de la sandía. *Revista Ciencia Agropecuaria* 10:83-99.
- Gordón M, R; Franco, J; González, A; Gutiérrez, O. 2000b. Manejo químico de las principales plagas del cultivo del melón bajo dos sistemas de siembra. Los Santos, Panamá. 1999. *Revista Ciencia Agropecuaria* 10:101-112 p.
- Guerra, J; Fernández, O; Gutiérrez, O; Murillo, A; Villarreal, N. 2002. Moscas blancas presentes en áreas hortícolas de la península de Azuero. Los Santos, Panamá. 1999. *Revista Ciencia Agropecuaria* 12:125-136.
- Herrera-Vásquez, JA; Barba, A. 2013. Identificación de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en cultivos de cucurbitáceas en Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):47-55.
- Herrera-Vásquez, JA; Córdoba-Sellés, MC; Cebrián, MC; Font-San Ambrosio, MI; Alfaro-Fernández, A; Jordá, C. 2013. Viruses of cucurbits in Panamá. *Journal of Plant Pathology* 95(2):435-440.
- IPPC (International Plant Protection Convention, IT). 2010. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. NIMF 27. Anexo1. Protocolo de diagnóstico PD1. *Thrips palmi*. 22 p.
- Kawai, A. 1985. Studies de population ecology of *Thrips palmi* Karny. Interspecific competition with *Aphis gossypii* Glover. *Proceedings of the Association for Plant Protection of Kyushu* 31:156-159. (In Japanese, English summary).
- Korytkowski, C. 2003 Manejo Integrado de Plagas. Programa de Maestría en Entomología. Universidad de Panamá. p. 97.
- Mahibbur, RM; Govindarajulu, Z. 1997. A modification of the test of Shapiro and Wilks for normality. *Journal of Applied Statistics* 24(2):219-235.
- Morales, F. 2006. Tropical Whitefly IPM Project. *Advances in Virus Research* 69:249-311.
- Morales, F; Jones, P. 2004. The ecology and epidemiology of whitefly-

- transmitted viruses in Latin America. *Virus Research* 100:57-65.
- Ortega, L. 2008. Mosca blanca temas selectos sobre su manejo. Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa, MX. 118 p.
- Osorio, N; González, R; Guerra, J; Aguilera, V. 2012. Manejo integrado del cultivo de la sandía. Manual Técnico. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 44 p.
- Polack, LA, 2008. Interacciones tritróficas involucradas en el control de plagas de cultivos hortícolas. Tesis doctoral. Universidad de la Plata. Facultad de Ciencias naturales y Museo. 172 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, ME). 2012. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección Nacional de Sanidad Agropecuaria (SENASICA). Ficha Técnica Trips oriental *Thrips palmi* Karny. Gobierno Federal, MX. 34 p.
- Smith H, A; Nagle, C; Evans, G. 2014. Densities of Eggs and Nymphs and Percent Parasitism of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on Common Weeds in West Central Florida. *Insects* 5:860-876.
- Toledo, F; Infante, F. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Ed. Trillas, MX. 24 p.
- Vázquez M, LL. 2003. Base para el manejo de *Thrips palmi*. *Revista de Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 69(46):84-91.
- Vázquez, LL. 2008. Manejo Integrado de Plagas. Preguntas y respuestas para técnicos y agricultores. Editorial Científico – Técnica. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, CU. p. 385-392.
- Voegtlin, D; Villalobos, W; Sánchez, M; Saborío, G; Rivera, C. 2003. Guía de los áfidos alados de Costa Rica. Eds: Voegtlin, D y Rivera, C. San José, CR. *Revista de Biología Tropical* 51(2):6-54.
- Vong C, K; Fernández, O; García, J. 2003. Análisis de epifitias del PRSV-W en parcelas de melón tratadas con insecticidas y cobertura reflectiva plateada en Azuero. 1997. *Revista Ciencia Agropecuaria* 13:169-178.

AGRADECIMIENTO

A la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Panamá (SENACYT) por el apoyo económico brindado al proyecto.

A la Agencia Internacional de Cooperación de Japón (JICA) por brindarnos la colaboración del Dr. Masachika Hirano, Entomólogo.

A los compañeros de IDIAP en especial al Biólogo Jorge Ceballos por AChE (inhibición de la enzima colinesterasa), al Ing. Nelson Osorio y Técnico Gustavo Castillo de la Estación Experimental del Ejido.

A Sustainable Science Institute (SSI), Dr. Ronel Solís, revisión resumen inglés, al Magister Marco Medina y a la Magistra Karla Solís B. por la revisión de este documento.

EFFECTO DE LA NUTRICIÓN ÓRGANO - MINERAL Y DENSIDAD EN PLÁTANO AAB, VAR. CUERNO ROSADO¹

David Ramos-Agüero²; Elein Terry Alfonso³; Gloria Marta Martí³

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo del plátano (clon Cuerno Rosado AAB), a la aplicación de abono orgánico Bocashi de conjunto con dosis complementarias de fertilizante mineral en tres densidades de plantación, se condujo un experimento en campo en la comunidad de El Silencio, distrito de Changuinola, provincia de Bocas del Toro, Panamá, entre el 2011 y 2012. El diseño utilizado fue de bloques al azar en arreglo factorial y cuatro réplicas. Los factores en estudio fueron tres densidades de plantación y siete combinaciones de nutrición (suelo, Bocashi y/o fertilización mineral), para un total de 21 tratamientos. A las variables en estudio se les comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza. Se realizó un ANOVA bifactorial, en el cual se compararon los factores en estudio y sus interacciones. Las medias fueron comparadas por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P < 0,05$). Los resultados mostraron que la adición de Bocashi permite reducir la dosis del fertilizante mineral nitrogenado en un 50%, sin afectar el rendimiento, bajo las condiciones edafoclimáticas del estudio. La densidad de plantación de 2500 plantas.ha⁻¹ permitió elevar el rendimiento en 42%, comparado con la densidad de 1811 plantas.ha⁻¹ utilizada por los productores. Se demostró la factibilidad económica de los resultados a partir de una adecuada combinación de abono orgánico y fertilizante mineral, así como de una mayor densidad de plantación.

PALABRAS CLAVES: Bocashi, fertilizante nitrogenado, rendimiento, condiciones edafoclimáticas, factibilidad económica.

¹ Recepción: 8 de agosto de 2016. Aceptación: 12 de octubre de 2016. Extracto de tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícola, Universidad Agraria de la Habana, Cuba.

² Ph.D. en Producción Agrícola Sostenible. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Trópico Húmedo (CIATH). e-mail: davramos31@yahoo.es

³ Ph.D. en Agricultura. INCA. Instituto Nacional de Ciencias Agrícola, Universidad Agraria de la Habana, Cuba.

EFFECT OF MINERAL NUTRITION AND ORGANIC - DENSITY IN PLANTING AAB, VAR. HORD PINK

ABSTRACT

In order to evaluate the response of plantain growing (clone Horn Pink AAB), the application of organic fertilizer Bocashi set with supplemental doses of mineral fertilizer in three planting densities, an experiment was conducted in the field in the community of Silence, district of Changuinola, province of Bocas del Toro, Panama, between 2011 and 2012. The design was randomized block in factorial arrangement and four replications. The factors under study were three planting densities and seven combinations of nutrition (soil, Bocashi and/or mineral fertilization), for a total of 21 treatments. The variables studied were found normal data and homogeneity of variance. Afterwards, a two-factor ANOVA, in which the factors under study were compared and their interactions was performed. Means were compared by multiple range test Duncan ($P < 0,05$). The results show that the addition of Bocashi can reduce the dose of mineral nitrogen fertilizer by 50%, unaffected yields in the soil and climate where the study was conducted. The planting density of 2500 plants. ha^{-1} allowed increase yields by 42%, compared to the density of 1811 plants. ha^{-1} used by producers. The economic feasibility of the results is demonstrated from an appropriate mix of compost and mineral fertilizer as well as higher density planting.

KEY WORDS: Bocashi, nitrogenous fertilizer, yield, soil and climate conditions, economic feasibility.

INTRODUCCIÓN

El plátano representa una parte importante de la dieta básica de los panameños (Marcelino *et al.* 2009). En el 2013, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOStat 2013), reporta que en el ámbito nacional se produjeron en el 2011, un total de 97432 t en 9103 ha de plátano, para un rendimiento promedio de 10,70 t. ha^{-1} .

Una planificación racional de la fertilización al suelo incrementará el nivel de nutrimentos de más difícil reposición y permitirá un mayor retorno económico a corto plazo. Al considerar la importancia de los nutrimentos aplicados para la producción agrícola, es imperativo establecer las relaciones existentes entre los niveles de rendimiento, el uso de las fuentes de nutrimentos, la factibilidad económica y la calidad del ambiente. La respuesta depende de las características de cada agroecosistema (FAO 1999).

Las mejores prácticas del manejo de nutrimentos en los cultivos son: aplicación correcta del nutrimento en la dosis, época y localización adecuada. Para ser verdaderamente apropiadas, deben ser específicas para el cultivo, el lote y para una zona dentro del lote (Espinosa y García 2009).

La fertilización es necesaria para suplir las necesidades del cultivo y mejorar el potencial nutricional del suelo. Sin embargo, es necesario hacer uso de grandes cantidades de las formulaciones químicas que existen en el mercado, debido a la alta tasa de pérdida de fertilizante que se presenta, lo cual genera un problema ambiental. Además, los precios cada vez más altos de estos productos, hacen que se vuelvan inalcanzables para muchos productores (Hera 1996).

En un adecuado sistema de producción, para obtener un máximo rendimiento en el plátano, debe considerarse la nutrición del cultivo, el balance de nutrimentos en el suelo, la densidad de la plantación óptima y el manejo de las plagas (Cayón 1992, Soto 2008).

En Panamá, se emplean densidades de plantación entre 1811 y 2500 plantas.ha⁻¹ para el clon Cuerno Rosado (Marcelino *et al.* 2009). En Bocas del Toro (trópico húmedo), los productores

prefieren la menor densidad y la nutrición empleada por la transnacional bananera Bocas Fruit Company, desconociendo los beneficios de una densidad y nutrición adecuada en función de las particularidades edafoclimáticas de cada lugar y de la especie o cultivar empleado.

Precisamente, uno de los factores que influyen en el rendimiento y calidad de la producción, al igual que la secuencia de la cosecha y vida útil de la plantación, es la densidad de plantas (Belalcázar 1991).

Un complemento de la fertilización mineral son los abonos orgánicos, que tienen altos contenidos de materia orgánica, nitrógeno (N) y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas como el potasio (K) (Cegarra *et al.* 1993). Dependiendo del nivel aplicado al suelo originan un aumento en las capacidades de intercambio iónico, de retención de humedad y en el pH (Ouédraogo *et al.* 2001, Courtney y Mullen 2008). En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura y la conductividad hidráulica, disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación (Martín 2012). Basado en esto, se efectuó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación combinada de fertilizantes minerales y abono orgánico tipo Bocashi como alternativa para la nutrición del cultivo

del plátano, así como la optimización de la densidad de plantación y su análisis económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica:

El ensayo se desarrolló durante el periodo comprendido entre marzo del 2011 y abril del 2012, en la finca del productor colaborador Antonio Pandiella, localizada en la comunidad de El Silencio, corregimiento del Empalme, distrito de Changuinola, provincia de Bocas del Toro, en las siguientes coordenadas UTM 17P 0332031-1038734, a una altura de 15 msnm. La región se caracteriza por poseer una temperatura promedio anual de 26,8° C, humedad relativa media de 85% y la precipitación por el orden de los 3400 mm/año. Según la clasificación de Köppen es un clima Af, bosque húmedo tropical (Inzunza 2005).

Caracterización edáfica:

Antes del establecimiento del experimento, se tomó una muestra compuesta de suelo de 0 a 30 cm de profundidad. Se eliminó la capa superficial del suelo para evitar contaminación de la muestra, luego fue homogenizada y enviada al laboratorio de Suelos del IDIAP para su análisis. A la muestra de suelo se le realizó el análisis de fertilidad según los procedimientos detallados por Villarreal y Name (1996) (Cuadro 1).

Descripción de la parcela

experimental:

La unidad experimental constó de 24 plantas del clon Cuerno Rosado (AAB), por cada parcela en tres densidades de plantación, el área total fue de 4654 m² en una topografía plana.

Diseño experimental:

Se empleó un diseño de Bloques al azar en arreglo factorial y cuatro réplicas. Los factores en estudio fueron tres densidades de plantación y siete combinaciones de nutrición (suelo, Bocashi y/o fertilización mineral), para un total de 21 tratamientos (Cuadro 2).

Se utilizaron para la siembra 24 cormos por cada parcela, utilizando un cormo por hoyo de 2 kg de peso, equivalentes al calibre B (ACTAF 2008). El Bocashi se aplicó al momento de la plantación, a razón de 9 kg/hoyo (Campos y Valverde 1998). El fertilizante mineral se aplicó en círculos, alrededor de la planta, a unos 30 cm de distancia de la planta, en dependencia de los diferentes tratamientos en el caso de la nutrición.

El nitrógeno (N) se fraccionó en cuatro aplicaciones, una primera a los 30 días después de la siembra (dds), junto al fósforo (P) en forma de DAP, la segunda se realizó a los 70 dds, la tercera a los 130 dds, en conjunto con la dosis de potasio

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO, SEGÚN ANÁLISIS DEL LABORATORIO DE SUELOS – IDIAP.

Característica	Unidad de medida	Cantidad
Arena	%	50
Limo	%	48
Arcilla	%	2
pH		5,3
Materia orgánica (MO)	%	1,7
Fósforo (P)	mg/kg	34,3
Potasio (K)	cmol/kg	0,62
Calcio (Ca)	cmol/kg	9,8
Magnesio (Mg)	cmol/kg	2,1
Aluminio (Al)	cmol/kg	1,3
Manganeso (Mn)	mg/kg	55,0
Hierro (Fe)	mg/kg	96,0
Zinc (Zn)	mg/kg	3,3
Cobre (Cu)	mg/kg	3,3
Textura		Franco arenoso
Color		Pardo amarillento

Fuente: Resultados del Laboratorio de Suelos - IDIAP, Divisa. abril de 2011.

CUADRO 2. FACTORES ESTUDIADOS EN EL EXPERIMENTO, NIVELES DE NUTRICIÓN Y DISTANCIAS DE PLANTACIÓN.

Factor A: Densidades de plantación		Factor B: Nutrición%	
Plantas.ha ⁻¹		T1	Control de producción: 100 % NPK
Arreglo topológico (m)		T2	100% NP y 75% K + 9 kg Bocashi
1) 1 811 ^a	2,3 m x 2,4 m	T3	100% NP y 50% K + 9 kg Bocashi
		T4	100% PK y 75% N + 9 kg Bocashi
		T5	100% PK y 50% N + 9 kg Bocashi
		T6	9 kg Bocashi
		T7	Control absoluto
2) 2 200	2,0 m x 2,27 m		
3) 2 500	2,0 m x 2,0 m		

^a Arreglo espacial empleado por los agricultores. Fertilizantes minerales: Fosfato diamónico (DAP) (18–46–0); Urea (CO(NH₂)₂) (46–0–0) y Cloruro de potasio (KCl) (0–0–60). 100% NPK: dosis recomendada, 48 g DAP; 112 g KCl y 224 g urea por planta (Marcelino *et al.* 2009).

(K) en forma de KCl y la última a los 140 dds, todas las aplicaciones de N, menos la primera, fueron en forma de urea al 46%.

Se realizó el manejo cultural requerido por el cultivo y no se aplicó riego. El control de plagas y enfermedades se basó en las normas técnicas del manual del cultivo del plátano del IDIAP (Marcelino *et al.* 2009).

La cosecha se realizó a partir de las siete semanas después de emitida la inflorescencia, en dependencia del estado de madures fisiológica del racimo (INIVIT 2007). Se evaluó el peso del racimo (kg), número de manos y dedos por racimo, perímetro y largo del dedo central de la segunda mano (cm) y se estimó el rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$).

A las variables del estudio se les comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza, las cuales no cumplieron los supuestos y se transformaron por los métodos de: $\log(x)$ para las variables continuas y $\sqrt{x}$ para las discretas. Luego, se realizó un ANOVA bifactorial, en el cual se compararon los factores en estudio y sus interacciones. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias fueron comparadas por la prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la cosecha de las plantas, no se obtuvo interacción entre los factores con las variables peso del racimo, número de manos por racimo, número de dedos por racimo y el rendimiento (Cuadro 3).

Los mayores valores de peso del racimo, manos por racimo y dedos por racimo se obtuvieron con la densidades de 2200 a 2500 plantas. ha^{-1} aunque en este último no hubo diferencia en el peso y número de dedos por racimo con la densidad normalmente empleada por los productores ($1811 \text{ plantas} \cdot ha^{-1}$) y en cuanto a la productividad, los mayores valores se obtuvieron con $2500 \text{ plantas} \cdot ha^{-1}$.

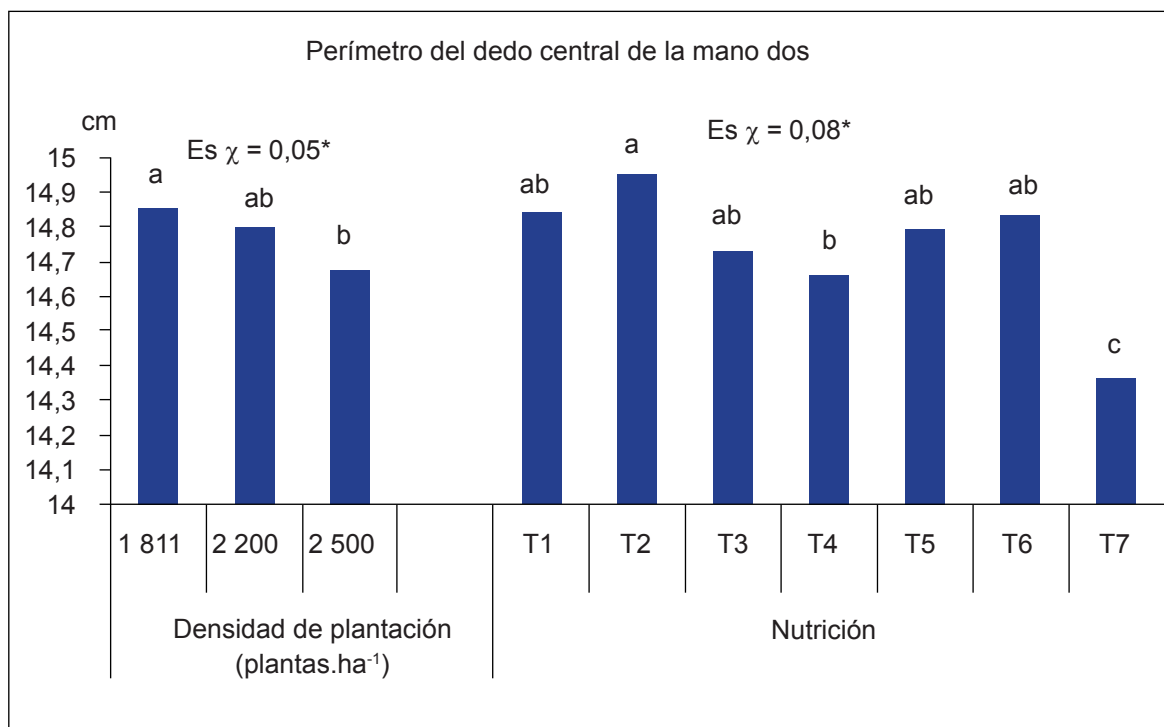
Los dedos de la mano dos son utilizados para la evaluación de la nutrición, morfología y estado de madurez de la cosecha de plátanos, pues es el más representativo en el desarrollo del racimo (Champion 1969, Molina y Martínez 2004).

Al analizar el factor nutrición se encontró que el peso del racimo fue superior en los tratamientos con adición de Bocashi en combinación con dosis complementarias de fertilizante mineral, sin diferencias con el control de producción (Cuadro 3). Este mismo efecto se encontró en el número de dedos por racimo.

Los valores de rendimiento y peso del racimo son similares a los informados por Marcelino *et al.* (2009) para el clon Cuerno Rosado, con un promedio de 11,5 kg/racimo.

Según Hernández *et al.* (2009) el número de manos y dedos por racimo son variables fenológicas para la determinación de la producción y permiten visualizar el comportamiento espacial de la productividad.

El mayor perímetro del dedo central de la segunda mano se encontró en las densidades de plantación de 1 811 a 2 200 plantas.ha⁻¹, aunque esta última no difirió de 2 500 plantas.ha⁻¹. En relación a la nutrición, los mayores valores de la variable se encontraron en todos los tratamientos con la adición de nutrientes (Figura 1).



La variable fue transformada por no cumplir los supuestos del análisis de varianza.

*Medias con letras distintas dentro de cada factor difieren entre sí, según prueba de Duncan ($P < 0,05$). Fertilizantes minerales: fosfato diamónico (DAP) (18-46-0); Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (46-0-0) y Cloruro de potasio (KCl) (0-0-60). 100% NPK: Marcelino *et al.* (2009). Bocashi: 9 kg/planta.

Figura 1. Efecto de la densidad de plantación y los sistemas de nutrición estudiados sobre el perímetro del dedo central de la segunda mano.

Respecto al largo del dedo central de la segunda mano, el comportamiento inferior se encontró en los tratamientos del control absoluto en las tres densidades de plantación.

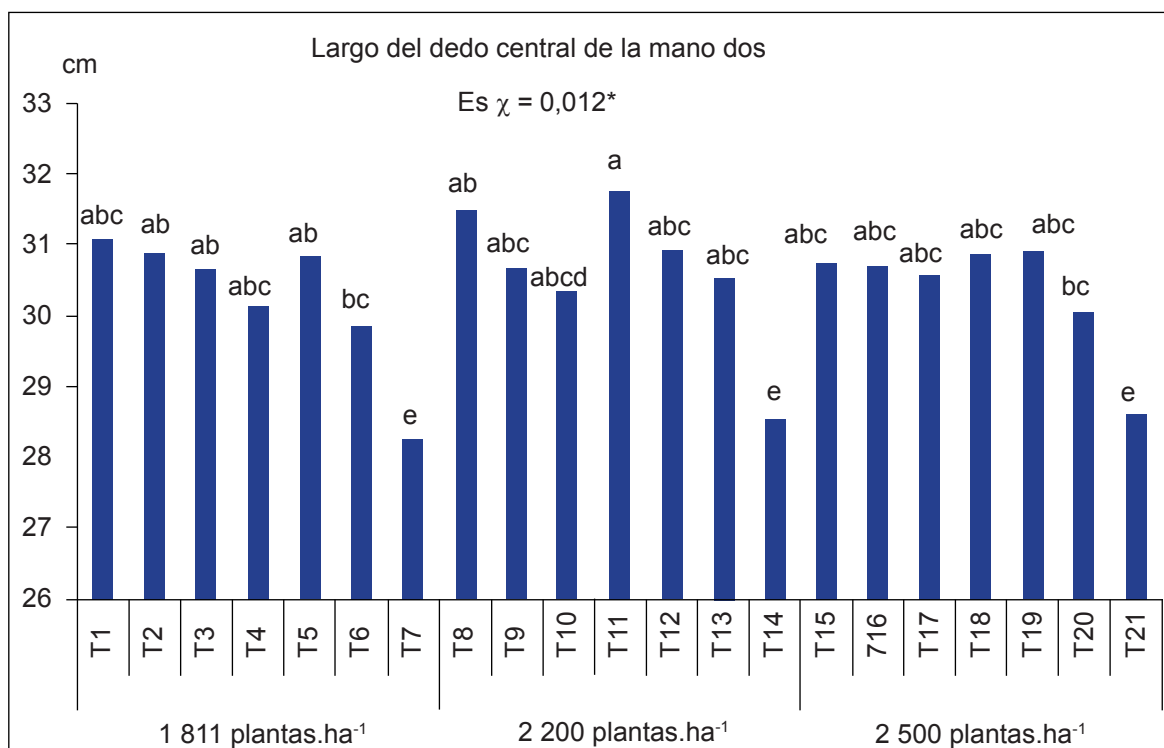
Estos valores del largo del dedo central de la segunda mano son superiores a los informados por Marcelino *et al.* (2009) para el clon Cuerno Rosado, con un promedio de 24,1 cm (Figura 2).

Análisis económico:

El análisis económico, refleja que las diferencias encontradas en la

ejecución de las actividades, con relación a la mano de obra en las tres densidades, estuvieron relacionadas con la plantación y la cantidad de semillas a preparar, marcaje y número de hoyos a realizar en el campo, que se pagan en función de la cantidad de unidades que se hagan y no del número de veces que se ejecuta la actividad (Cuadro 4).

El mayor costo lo constituyó la mano de obra empleada en la aplicación de plaguicidas, actividad indispensable para mantener las condiciones de producción.



Todas las variables fueron transformadas por no cumplir los supuestos del análisis de varianza.

*Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de Duncan ($P < 0,05$). Fertilizantes minerales: fosfato diamónico (18-46-0); Urea (46-0-0) y KCl (0-0-60). 100% NPK: Marcelino *et al.* (2009). Bocashi: 9 kg/planta.

Figura 2. Efecto de la densidad de plantación y los sistemas de nutrición estudiados sobre el largo del dedo central de la segunda mano.

CUADRO 4. DESGLOSE DE LA MANO DE OBRA EMPLEADA EN ESTABLECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO CUERNO ROSADO, BAJO LAS TRES DENSIDADES DE PLANTACIÓN ESTUDIADAS (B/. ha⁻¹).

Actividad	Densidades de plantación		
	1 811	2 200	2 500
Limpieza preparación de terreno	16,00	16,00	16,00
Trazado y Estaquillado	36,22	44,00	50,00
Pelado de cormos	36,22	44,00	50,00
Distribución de cormos en campo	36,22	44,00	50,00
Hacer Hoyos	36,22	44,00	50,00
Aplicación de Bocashi	16,00	16,00	16,00
Plantación	24,00	24,00	24,00
Aplicación de Herbicidas	72,00	72,00	72,00
Aplicación de Nematicidas	8,00	8,00	8,00
Aplicar fungicida para Sigatoka	256,00	256,00	256,00
Aplicación de Fertilizantes	80,00	80,00	80,00
Rodajeo	32,00	32,00	32,00
Deshije	40,00	40,00	40,00
Deshoje (cirugía)	168,00	168,00	168,00
Embolse (Poner bolsa. cinta y apuntalar)	128,00	128,00	128,00
Cosecha	128,00	128,00	128,00
TOTAL (B/.ha ⁻¹)	1 112,88	1 144,00	1 168,00

Las diferencias encontradas entre las tres densidades estuvieron relacionadas con la cantidad de cormos empleados y específicamente con el nematicida Terbufos que se aplica por planta, además con el costo de la mano de obra (Cuadro 5).

De manera general, se puede observar que aunque el costo de

producción fue mayor en la medida que aumentó el número de las plantas por unidad de superficie, existió un incremento del valor de la producción y de la ganancia obtenida, con el consecuente aumento de la relación Beneficio/Costo (B/C), por lo que este resultado demuestra que desde el punto de vista económico, resulta más conveniente el empleo de la densidad de plantación de 2500 plantas.ha⁻¹ (Cuadro 6).

CUADRO 5. COSTOS DE PRODUCCIÓN INCURRIDOS EN EL ESTABLECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE PLÁTANO CUERNO ROSADO EN LAS TRES DENSIDADES DE PLANTACIÓN ESTUDIADAS (B/. ha⁻¹).

Actividad	Densidades de plantación		
	1 811	2 200	2 500
Cormos para plantación en campo	633,85	770,00	875,00
Herbicida (Glifosato)	57,92	57,92	57,92
Fungicida (Tridemorf)	64,49	64,49	64,49
Fungicida (Mancozeb)	112,00	112,00	112,00
Fungicida (Difeconazole)	91,14	91,14	91,14
Fungicida (Triasol)	41,35	41,35	41,35
Adherente NP7	9,49	9,49	9,49
Aceita Agrícola	266,40	266,40	266,40
Nematicida (Terbufos)	62,66	76,12	86,50
Cintas	20,00	20,00	20,00
Transporte de insumos	7,00	7,00	7,00
Bomba de asperjar	570,00	570,00	570,00
Depreciación bomba de asperjar (20%)	114,00	114,00	114,00
Herramientas Varias (pala, machete, lima, entre otras)	60,00	60,00	60,00
Imprevistos (5%) equipo de protección	20,00	20,00	20,00
Costo de mano de obra	1 112,88	1 144,00	1 168,00
TOTAL (B/.ha⁻¹)	3243,17	3423,90	3563,28

CUADRO 6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO CUERNO ROSADO, EN LAS TRES DENSIDADES DE PLANTACIÓN ESTUDIADAS.

Indicadores	Densidades de plantación		
	1 811	2 200	2 500
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	21,14	26,42	29,95
Valor de la producción (B/.ha ⁻¹)	7415,91	9268,14	10506,46
Costo total de producción (B/.ha ⁻¹)	3243,17	3423,90	3563,28
Ganancia (Beneficio) (B/.ha ⁻¹)	4172,74	5844,24	6943,18
Relación Beneficio/Costo	1,29	1,71	1,95

El costo de adición de nutrientes de los tratamientos con la combinación de fertilizante mineral más Bocashi fueron superiores al control de producción, excepto el tratamiento que solo adicionó el 50% N (Cuadro 7).

Este hecho se debió a que solo con la reducción al 50% de la dosis de urea, que es uno de los insumos más costoso, se logra una disminución importante del gasto por fertilización de cada planta, mientras que los otros tratamientos, además de no disminuirse el costo, se le añade el Bocashi, que equivale prácticamente a la mitad de lo que cuesta la urea.

Respecto a este resultado Belalcázar (1991), indicó que la mano de obra, fertilización y semillas constituyen las mayores partidas del costo de producción de los plátanos del subgrupo AAB, junto con las actividades e insumos destinados al control químico de las enfermedades.

La valoración económica de todos los tratamientos de nutrición estudiados demostró que el valor de la producción fue similar en todos los tratamientos con adición de nutrientes, excepto en el tratamiento de solo Bocashi, en correspondencia a los rendimientos obtenidos (Cuadro 8).

El costo total de producción fue superior en los tratamientos que combinaron Bocashi con dosis complementarias de fertilizante mineral, excepto el T5 que solo añadió el 50% N, en correspondencia con el costo de fertilización por planta. El costo más bajo se obtuvo en el tratamiento de solo Bocashi. Esto implicó que las ganancias fueran superiores en el tratamiento con solo la aplicación de Bocashi, seguido del control de producción y el tratamiento con la combinación de Bocashi, 100% PK más 50% N.

La relación B/C fue superior a tres, lo que reflejo ingresos muy notables por cada unidad monetaria invertida en la nutrición del cultivo. Los mayores valores se obtuvieron en el tratamiento de solo Bocashi, seguido del control de producción y del tratamiento con la combinación de Bocashi, 100% PK más 50% N.

En coincidencia con esto, se plantea que la aplicación de fertilizantes y abonos orgánicos en las dosis óptimas para lograr el máximo rendimiento neto, resultará en un mayor retorno por unidad de nutriente aplicado (Mallarino 2013).

CUADRO 7. COSTO DE FERTILIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE NUTRICIÓN (B/. por planta).

Partidas	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Aplicación de Bocashi (9 kg/planta)		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Fertilizante DAP (Fosfato diamónico)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
Fertilizante CO(NH ₂) ₂ (Urea)	0,52	0,52	0,52	0,39	0,26		
Fertilizante KCl (Cloruro de potasio)	0,13	0,10	0,06	0,13	0,13		
TOTAL (B/. por planta)	0,70	0,92	0,89	0,82	0,69	0,25	0,00
T1 Control de producción 100% NPK		T5 Bocashi + 100% PK + 50%N					
T2 Bocashi + 100% NP + 75% K		T6 Bocashi					
T3 Bocashi + 100% NP + 50% K		T7 Control absoluto					
T4 Bocashi + 100% PK + 75% N							

CUADRO 8. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS RESULTADOS DE LA PRODUCCIÓN DE PLÁTANO CUERNO ROSADO EN TODOS LOS SISTEMAS DE NUTRICIÓN.

Indicadores	Sistemas de nutrición					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento (t.ha ⁻¹)	27,92	27,90	26,46	27,27	26,83	25,09
Valor de la producción (B/.ha ⁻¹)	9794,34	9787,32	9282,17	9566,32	9411,96	8801,57
Costo total de fertilización (B/.ha ⁻¹)	1751,60	2306,26	2225,06	2059,86	1732,26	635,86
Ganancia (Beneficio) (B/.ha ⁻¹)	8042,74	7481,06	7057,10	7506,45	7679,70	8165,71
Relación Beneficio/Costo	4,59	3,24	3,17	3,64	4,43	12,84
T1 Control de producción 100% NPK			T5 Bocashi + 100% PK+50%N			
T2 Bocashi + 100% NP+75% K			T6 Bocashi			
T3 Bocashi + 100% NP+50% K			T7 Control absoluto			
T4 Bocashi + 100% PK+75% N						

CONCLUSIONES

- La adición de 9 kg de Bocashi reduce la dosis de urea al 50%, sin afectar el rendimiento.
- El incremento de la densidad de siembra en 2500 plantas.ha⁻¹, elevó el rendimiento en 42%, comparado

con 1811 plantas.ha⁻¹ utilizadas por los productores.

- El peso del racimo fue superior en los tratamientos con adición de Bocashi en combinación con dosis complementarias de fertilizante mineral, sin diferencias con el control de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- ACTAF (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales). 2008. Instructivo Técnico del Cultivo del Plátano. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. CU. 23 p.
- Belalcázar, S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Manual de asistencia técnica No. 50. Comité Departamental de Cafeteros del Quindío, Federación Nacional Cafeteros de Colombia. Armenia, CO. 376 p.
- Campos, M del M; Valverde, JA. 1998. Efecto de la aplicación de los abonos orgánicos (compost, bokashi, vermicompost y gallinaza) en diferentes dosis, en el establecimiento de una plantación de banano Musa (Grupo AAA), Subgrupo Cavendish, Gran Enano. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad EARTH. Guácimo, CR. 64 p.
- Cayón, G. 1992. Fotosíntesis y productividad de cultivos: Revista Comalfi. 12(2):23 - 31.
- Champion, J. 1969. El Plátano. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume. 247 p.
- Courtney, RG; Mullen, GJ. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresour. Technol. 99:2913 - 2918.
- Cegarra, JA; Roig, AF; Navarro, MP; Bernal, M; Abad, M; Climent, D; Aragón, P. 1993. Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos. *In* Memorias Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje. Córdoba, ES. p. 46 - 55.
- Espinosa, J; García, F. 2009. Uso eficiente de nutrientes. *In* Espinosa, J; García, F. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo 16 – 20 noviembre 2009. San José, CR. IPNI. p.1 - 2.
- FAO (Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Roma. 87 p.
- FAOStat (Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2013. Statistical Databases (en línea). Consultado 27 jun. 2013. Disponible en www.faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?pageID=567#ancor.

- Hera, C. 1996. The role of inorganic fertilizers and their management practices. In Rodríguez-Berruero, C. Ed. Fertilizers and environment. Holanda, Kluwer Academic Publishers. p. 23 - 25.
- Hernández, JJ; Maican, JM; Serrano, L. 2009. Desarrollo del plátano *Musa* AAB cv. Hartón en tres densidades de siembra bajo riego. Producción Agropecuaria 1(1):15 - 20.
- INIVIT (Instituto de Investigación de Viandas Tropicales, CU). 2007. Instructivo técnico del cultivo del plátano. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales. Ministerio de la Agricultura. CU. 13 p.
- Inzunza, JC. 2005. Clasificación de los climas de Köppen. Ciencia Ahora. no. 15, año 8, marzo - abril.
- Marcelino, L; Ríos, AD; González, V. 2009. El cultivo de plátano en Panamá. Manual de Recomendaciones Técnicas para el Cultivo Tecnificado de Plátano (*Musa paradisiaca* L.). Panamá: Departamento de Ediciones y Publicaciones. 48 p.
- Martín, NJ. 2012. Tabla de interpretación de análisis de suelo. Folleto impreso. Universidad Agraria de La Habana. Septiembre. 24 p.
- Mallarino, AP. 2013. Manejo nutricional para alta productividad de cultivos e impacto ambiental reducido. Informaciones Agronómicas Hispanoamérica no. 12:7 - 14.
- Molina, EM; Martínez, EA. 2004. Comportamiento agronómico y fenológico del cultivar plátano cuerno (*Musa* spp. AAB) propagado a través de la técnica de reproducción acelerada de semilla en dos localidades de departamento de Chinandega. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 39 p.
- Ouédraogo, E; Mando, A; Zombré, NP. 2001. Use of compost to improve soil Properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. Agric. Ecosys. Environ. 84(3):259 - 266.
- Soto, M. 2008. Bananos: técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización. 4a ed. San José, CR. 1 disco compacto, 120 mm.
- Villarreal, J; Name, B. 1996. Técnicas Analíticas del Laboratorio de Suelos IDIAP. PA. 110 p.

EL COQUILLO (*Jatropha curcas* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA REGIÓN DEL ARCO SECO, PANAMÁ¹

Jaime Espinosa-Tasón²; Bruno Borsari-Maraldi³; Kimberly Mighell-Johnson⁴

RESUMEN

Un estudio de ocho cultivares de *Jatropha curcas* L. se llevó a cabo en la región del Arco Seco de Panamá. El propósito de esta investigación fue evaluar y comparar el rendimiento de los germoplasmas comerciales de esta especie de árbol, para seleccionar las mejores variedades para la producción de biodiesel, adaptables a suelos marginales de Panamá y a condiciones secas. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables dependientes fueron diámetro de copa, número de ramas, altura del árbol, fenología y rendimiento de semilla. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA y un análisis post hoc de Fisher (DMS), para cada variable. Se empleó un análisis de componentes principales (ACP) para generar una representación gráfica de la variabilidad de todos los datos. Tres cultivares obtuvieron los mejores resultados y con un buen crecimiento, aunque surgen más preguntas para poder justificar el cultivo de jatrofa a gran escala.

PALABRAS CLAVES: Variedades, biodiversidad, energías renovables, sostenibilidad, rendimiento.

¹Recepción: 29 de febrero de 2016. Aceptación: 24 de octubre de 2016. Investigación financiada por PANAMA GREEN FUEL S.A. (PGF). Convenio: IDIAP – MIDA – PGF.

²M.Sc. Environmental Socioeconomics. IDIAP. Republic of Panama. e-mail: j.espinosa.idiap@gmail.com

³Ph.D. Biology Department, Winona State University, 175 West Mark St., Winona, MN 55987, USA. e-mail: bborsari@winona.edu

⁴Ph.D. Student. Ecology and Evolutionary Biology Department, Tulane University, 6823 St Charles Ave., New Orleans, LA, USA. e-mail: kmighell@tulane.edu

THE PHYSIC NUT TREE (*Jatropha curcas* L.) FOR BIODIESEL PRODUCTION IN THE ARCO SECO REGION OF PANAMA

ABSTRACT

A study of eight cultivars of *Jatropha curcas* L. was conducted in the Arco Seco (Dry Arc) region of Panama. The purpose of this investigation was to evaluate and compare the performance of commercial germplasms of this tree species, to select the best varieties adaptable to Panama marginal soils and dry conditions for biodiesel production. A Randomized Complete Block Design was employed with eight treatments and four replications. Canopy diameter, number of branches, tree height, phenology and seed yield were the dependent variables under study. The data were analyzed through ANOVA and a post hoc tests (Fisher's LSD), for every variable. A principal component analysis (PCA) was employed to generate a graphical representation of the variability of all data. Three cultivars yielded the best results and were recommended for growth, although more questions remained unanswered to substantiate the cultivation of jatropha on a large scale in Panama.

KEY WORDS: Varieties, biodiversity, renewable energy, sustainability, performance.

INTRODUCTION

For the last couple of decades the Physic nut tree (*Jatropha curcas* L.) has been heralded as a valuable species, possessing advantageous attributes to achieve agricultural sustainability and improve quality of life in many tropical regions of the world (Openshaw 2000, Van Eijck and Romijn 2008, Abhilash *et al.* 2011). The yields and valuable characteristics of the oil that can be extracted from its seed to produce biodiesel make the Physic nut tree, commonly referred to as jatropha, a promising renewable-energy species

(Foidl *et al.* 1996, Augustus 2002, Akbar *et al.* 2009). Native to Central America, jatropha belongs to the Euphorbiaceae family and it has been used for a long time among tropical agropastoralists as a live fence (Openshaw 2000). It grows rapidly to a height between three and five meters and it can be propagated asexually and through direct sowing of its seeds. Its bark is grey, smooth and its leaves are broad and green (Figure 1).

The inflorescence is a cyathium very attractive to pollinators, particularly bees. Its fruits, which are on average

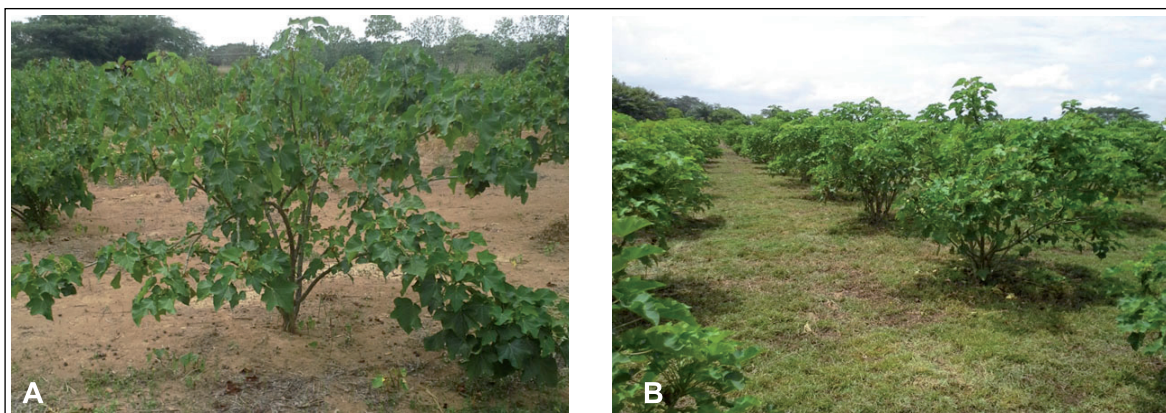


Figure 1. (A) Physic nut tree (one year old), at the Agricultural Experiment Station El Ejido from IDIAP, Los Santos, Panama; (B) Physic nut tree plantation (one year old), at the National Institute of Agriculture, Divisa, Panama.

37,7% shell and 62,5% seed in weight, can be produced throughout the year, depending primarily on soil moisture and temperature (Singh *et al.* 2008).

The Physic nut tree appears to be adaptable for successful growth in a wide variety of soils and climatic conditions and for these reasons its employment could be beneficial also to the reclamation of degraded soils (Openshaw 2000). When propagated sexually, its tap root penetrates deeply through the soil profile and uptakes nutrients and moisture that otherwise would remain unavailable. While growing undisturbed and in less than two years from its establishment in the field, *Jatropha* improves soil structure and other soil physical characteristics (Francis *et al.* 2005). Asexual propagation through cuttings does not produce similar benefits on the soil however, because the young trees develop a shallow system of fibrous

roots, rather than a deep tap root, thus having a much more attenuated effect for improving soil physical attributes (Henning 1996).

Like many species in the Euphorbiaceae family, the Physic nut tree produces toxic substances including curcin and phorbol esters that may protect it from a variety of pests and disease, although Jongschaap and his collaborators (Jonschaap *et al.* 2007) conceded that in humid, tropical conditions this species can be affected by some pathogenic fungi, viruses and insect pests. Insect pests are most diverse within the native range of *Jatropha* in Central and South America (Lama *et al.* 2015). However, its high adaptability to water stress, soil conditions, and its outstanding, natural resistance to disease when compared to a majority of agronomic crops, have made *Jatropha* a feasible, multi-purpose tree crop in

several tropical and sub-tropical countries (Abhilash *et al.* 2011). Irrigation during the establishment of a Physic nut tree plantation may be necessary to enhance a vigorous vegetative development, as it was suggested by Vimal *et al.* (2012), in their review study about growing jatropha in India.

In addition to the interest in the Physic nut tree for its potential as a renewable energy fuel, jatropha products and by-products can be employed in a wide variety of human activities. For example, jatropha's oil can be used for illumination purposes and its wood can be burned in cooking stoves. Once the seeds are shelled, the harvestable glycerin can be used to make soap and the pressed seed cakes that remain as a residual byproduct after extraction of the oil are employable as organic fertilizers (Tomomatsu and Swallow 2007). In addition to this, the seed cakes can be used as fuel or converted into charcoal (Kumar *et al.* 2008). The toxicity of the plant's exudates can be employed as natural pesticides. Jatropha has also been used for a long time in traditional medicine. For example, the milky sap of *Jatropha curcas* L. is used in Mesoamerica for the treatment of different forms of dermatitis, and also for mucosal infections (Kaushik *et al.* 2007). Historically, the leaves of the plant have

been used to treat malaria and its sap has often been used by some cultures as an anti-hemorrhagic medicine.

The potential of the tree species *Jatropha curcas* L. for possible employment as a biodiesel crop has been known for decades (Banerji *et al.* 1985). Indeed, jatropha has become an attractive renewable-fuel crop because of the chemical and physical characteristics of its oil, extractable through a transesterification of its seed, which contains between 33-35% oil (Foidl *et al.* 1996). Chemical analyses showed that this oil possessed low acidity and good stability to oxidation when it was compared to soybean oil, lower viscosity than castor oil and cheaper processing costs than producing ethanol from corn (Becker and Makkar 2008). As jatropha yields a non-edible oil it is not expected to exert competition with oil crops that are employed in human or animal nutrition, as demand for these edible oils as foods makes these crops too expensive to be used as feedstocks for biofuels (Pramanik 2003). Likewise, jatropha's ability to grow well on marginal soil reduces its competition for land to grow food crops (Contran *et al.* 2013).

Seed yield remains perhaps the greatest uncertainty when discussing the potential uses of jatropha as a biofuel.

There can be significant yield variations in jatropha agriculture, based on growing conditions (Henning 1996, Achten *et al.* 2010). Also, seed yield can vary considerably within a single plantation because of a broad genetic diversity within the species, which justifies the needs for domesticating the tree and for genetic improvement (Shah *et al.* 2005). Processing of the seed into a biodiesel involves pressing the seed to extract the oil, leaving a seedcake as byproduct. Methods of extraction vary and in many small-scale production centers, such as those found in Africa, oil is extracted through the manual ram-press, or if power is available, through the electric screw-press (Van Eijck and Romijn 2008). In India instead, scientists developed oil extraction through enzyme and ultrasound techniques (Forson *et al.* 2004).

Also, the chemical method of oil extraction process employs solvents with n-hexane and some preliminary studies about this methodology have indicated that oil yields are better than with other extraction methods. Although research emphasis has been given to oil extraction techniques and technologies for biodiesel production, more attention has been devoted recently, to study the growth of jatropha in new agronomic environments, despite some skepticism that a high density of Physic nut trees in a typical plantation

setting could be satisfactorily productive, especially in a very arid climate. The main reason that jatropha has not reached its full potential as a biodiesel crop yet is due to a lack of high yielding varieties with high oil content (Shah *et al.* 2004, Tamalampudi *et al.* 2008, Divakara *et al.* 2010).

The lack of domestication, the broad genetic variability and the fact that jatropha has not been cultivated yet on a large scale in Panama inspired the authors to pursue an investigation that could answer questions about the feasibility of growing this tree, to verify its potential as a feedstock crop. Therefore, the purpose of our study was to evaluate and compare the performance of available, commercial germplasms of the tree species *Jatropha curcas* L. in order to select the best varieties adaptable to Panama marginal soils and dry conditions. This work presents the authors' experience of growing jatropha in the Arco Seco region of Panama, which is characterized by marginal soils and prolonged periods of drought.

MATERIALS AND METHODS

Site description and soil conditions

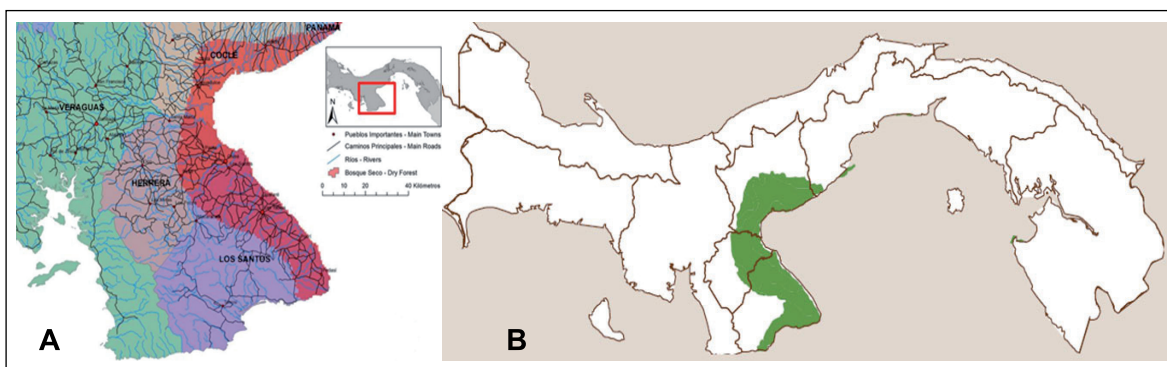
The Azuero peninsula of Panama has a long history of human settlement and impacts from archeological evidence, which suggested that this territory was already inhabited by early farming communities during Neolithic times who,

most likely, initiated the process of land conversion from forest to agroecosystems (Heckadon and Espinosa 1985). Most of this region belongs to the driest region (Dry Arc) of the Panama isthmus that is characterized by an average annual rainfall of 1053,7 mm, an average annual maximum temperature of 35,4° C, and an average annual minimum temperature of 19,2° C. The dry season occurs between January and May and causes always severe water stresses in this area (Figure 2).

These climatic conditions appear to be suitable to the cultivation needs of jatropha and to the agronomic and hydrologic attributes favorable to a successful growth of this species. Therefore, landowners of the Arco Seco region could pursue the cultivation of jatropha, opening new agronomic and economic venues for local agriculture, should jatropha succeed in its establishment as a renewable energy crop in this region. Consequently, this effort may contribute to attenuate an

increasing energy need in Panama with a more renewable fuel, from a multi-purpose plant, that could offer also many other beneficial agricultural and environmental services to rural and urban areas in the Azuero region.

Our study was carried out between March 2013 and March 2014, at the experimental field El Limón, which is located in Divisa, at the National Institute of Agriculture, Panama Republic. The site stands at 17 m altitude above sea level and at 8°09'44,63" N latitude and 80°43'32,35" W longitude. The climate is classified as tropical wet according to Köpen-Geiger climate classification (Peel *et al.* 2007). The historical annual climatic variables are: 33,1° C average annual maximum temperature, 21,8° C average annual minimum temperature and 27,5° C average annual temperature. Relative humidity can range from 96,1% to 57,6% with 77,2%. Average annual rainfall has been 143,8 mm, and evaporation 130,6 mm. The soil



Source: Barrance *et al.* 2003.

Figure 2. (A) Arco Seco - Dry Arc (red area). (B) Potential cultivation areas of Physic nut tree in Panama.

type is clay loam, slightly acidic (pH = 6,3), containing medium amounts of soil organic matter (2,64%).

Soil analyses from the Agricultural Research Institute of Panama Soil Laboratory were done in early 2013 to verify soil characteristics and eventually, correct these, prior to planting (Table 1).

PROCEDURE

A nursery was established from seed at the beginning of May 2013 at the National Institute of Agriculture, Divisa, Panama. Dimensions of the seedbeds were 10 m length and 1 m wide, paths/drains were 0,3 m deep and 0,5 m wide (Figure 3).

TABLE 1. SOIL ANALYSIS RESULTS FROM EL LIMÓN FIELD, APRIL 2013.

Variables	Sampling depth 0-30 cm	Sampling depth 30-60 cm
Soil color	Dark brown yellow	Dark brown yellow
Sand-Loam-Clay (%)	64-24-12	80-18-2
pH	6,3	6,8
Phosphorus	16	13
Potassium	55,2	35,4
Calcium (cmol/kg)	8,0	11,5
Magnesium	2,5	4,5
Aluminum	0,1	0,2
OM (%)	2,64	2,05
Manganese (Mg/L)	39,2	29,7
Iron	119,8	78,1
Zinc	8,5	4,9
Copper	4,6	3,2

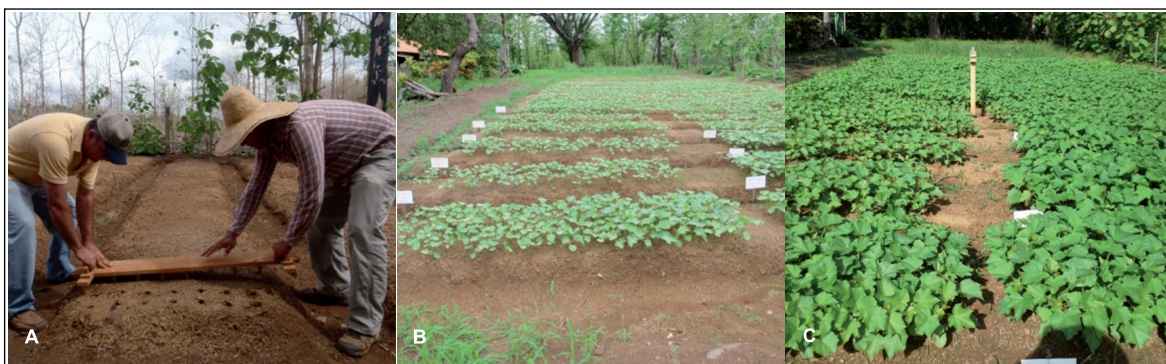


Figure 3. Nursery at the National Institute of Agriculture, Divisa, Panama. (A) Sowing jatropa seeds. (B) Seedbeds 21 days after sowing. (C) Seedbeds 30 days after sowing.

A fertilizer application with: 64 g N/m², 32 g P₂O₅/m², 32 g K₂O/m² was incorporated to the seedbeds. The sowing density in the seedbeds was kept at 64 seedlings/m², sowed at the angle of square of 12,5 cm x 12,5 cm. Sowing depth was 2-3 cm deep and seeds were sown horizontally aligned in the holes in order to facilitate germination. Irrigation was available immediately after sowing, and water was applied at 7 L/m² of seedbed. At eight weeks after sowing the seedlings were transplanted. A stem diameter (measured with calipers 5 cm above soil level) that was thicker than 1 cm, and bark color that had changed from green to grey were the criteria employed for this operation, as suggested by (Quinvita 2013). Also, seedlings were topped by removing the apical meristem (about 5 cm), 1-2 days before transplanting, in order to favor root growth rather than stem elongation.

Land clearing and tillage was done in the experimental field before transplanting. The 3 - 4 - 5 method for squaring corners was employed to layout the field and to mark the soil for planting. Each planting pit measured 30 x 30 x 30 cm and these were done with a mechanical hole-digger attached to the tractor. No irrigation was used in the trial and plants were not pruned any more.

Research Design and Statistical Analysis

A Randomized Complete Block Design (RCBD) was employed in this trial with eight treatments and four replications (Figure 4).

The treatments consisted in growing six commercial cultivars and two commercial hybrids of *Jatropha curcas* L. from Quinvita India Private Limited Co (Table 2).

The trees were grown from seed and transplanted from the nursery after 8 weeks, keeping them at a distance of 4 m x 4 m, thus achieving a density of 625 trees/ha. The tree seedlings (N=288) were planted on June 22, 2013 and one border row of jatropha surrounded the whole trial site. A fertilizer application was done at transplanting and this consisted in: 84 g N, 24 g P₂O₅, and 48 g K₂O for every tree seedling, as suggested by (Quinvita 2013). The same fertilizer application was repeated at the middle of the rainy season during October 2013, by incorporating the fertilizer to a depth of 20-30 cm in a circle, around each tree. All the tree plots were weeded manually and chemically using glyphosate in the same dosage (3 L/ha). The plantation was scouted every week for pests and diseases. Preventing possible infestations

by the broad mite (*Polyphagotarsonemus latus*) in November were insured with a

treatment of Spiromesifen (240 g/L) at this time.

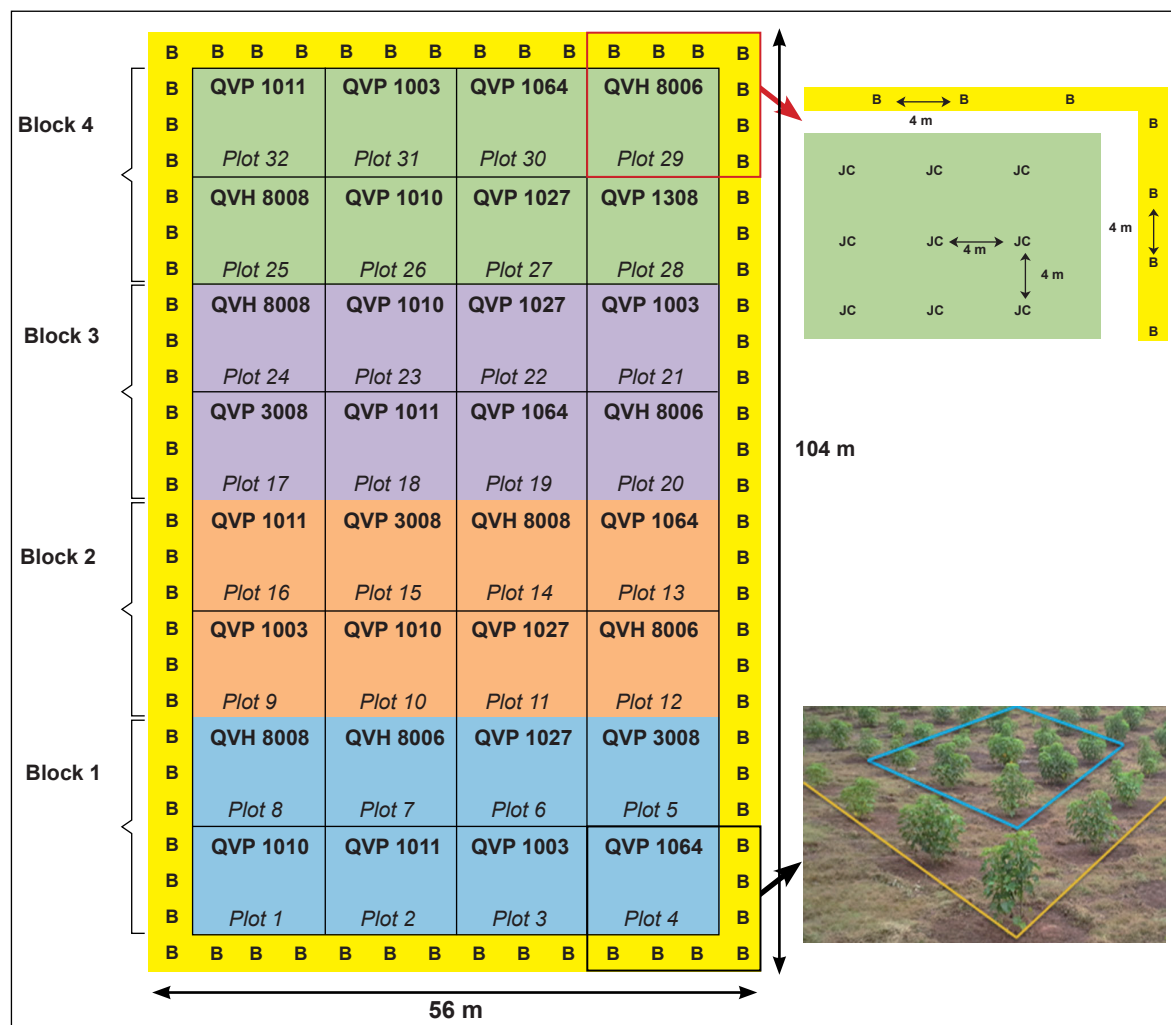


Figure 4. Randomized complete block design diagram.

TABLE 2. QUINVITA COMMERCIAL VARIETIES OF JATROPHA EMPLOYED IN THIS STUDY.

Code	Type	Year of selection*
QVP 1010	Cultivar	2008
QVP 1011	Cultivar	2008
QVP 1003	Cultivar	2010
QVP 1064	Cultivar	2010
QVP 3008	Cultivar	2008
QVP 1027	Cultivar	na*
QVH 8006	Hybrid	na*
QVH 8008	Hybrid	na*

* na: not available.

The seed harvest began in November 2013 and continued until March 2014. The fruits turning yellow, or brown were the indicator deemed valid for the maturity of the seed. Harvesting took place twice a week during those five months. The monthly harvest of each individual treatment per block was kept separate from the others and sheltered for weighing once moisture level of grains had been reduced to 7-8%. Moisture measurements were determined by using a Wile 55 moisture meter.

The data were collected on five dependent variables and these included:

1. Canopy diameter (cm), measured at 10 months after sowing (MAS).
2. Number of branches, measured at 10 MAS.
3. Height of the tree (cm), measured at 10 MAS.
4. Phenology (days needed for the first flower to bloom after planting the young trees in the field).
5. Seed yield per plot (g), after drying to a 7-8% moisture level (November 2013 - March 2014).

An analysis of variance (ANOVA) was considered for each variable and a post hoc test (Fisher's LSD) served to identify statistically significant differences

from the eight cultivars, for every variable under study. A principal component analysis (PCA) was run for finding an optimal graphical representation of the variability of all the data collected in this study (Balzarini *et al.* 2008, Di Rienzo *et al.* 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

Canopy Diameter

Statistically significant differences ($P < 0.0001$) were measured among varieties considering canopy diameter as variable. The mean scores were significantly higher for cultivars 1010, 1011, 1027 and the hybrid 8008, ten months since sowing the seed. However, cultivar 1027 and hybrid 8008 did not have a significantly wider canopy than cultivar 3008 (Table 3).

Branch numbers

A statistically significant difference ($P < 0.0001$) was measured among varieties when the number of branches was considered. The mean of branch numbers 10 months after sowing (Table 4) was largest for cultivar 1011. This branch number was trailed by cultivar 1010. However, cultivar 1010 was not statistically different from cultivars 3008, 1003 and the hybrid 8006, which were also not different from the hybrid 8008.

TABLE 3. MEAN VALUES OF CANOPY DIAMETER (cm) AT 10 MAS.

Treatment	Mean		Source	DF	F	p-value
10 MAS						
1064	137,2	a	Model	10	13,33	<0,0001
8006	141,8	a	Block	3	26,63	<0,0001
1003	149,3	ab	Treatment	7	7,62	<0,0001
3008	163,8	bc	Error	277		
1027	181,0	cd	Total	287		
8008	184,9	cd				
1011	187,9	d				
1010	188,4	d				

Means with same letter are not significantly different ($P>0,05$).

TABLE 4. MEAN FOR BRANCH NUMBER AT 10 MAS.

	Mean		Source	DF	F	p-value
Treatment	10 MAS					
1027	11,3	a	Model	10	25,32	<0,0001
1064	11,4	a	Block	3	56,03	<0,0001
8008	16,6	b	Treatment	7	12,15	<0,0001
8006	18,2	bc		27		
1003	19,6	bc	Error	7		
3008	19,9	bc		28		
1010	20,9	cd	Total	7		
1011	24,1	d				

Means with same letter are not significantly different ($P>0,05$).

Tree height

The height of trees resulted significantly different ($P<0,0001$) among varieties. The trees height 10 months after sowing (Table 5) was highest for cultivar 1027 from all other varieties. Cultivars 1010, 1011 and hybrid 8008 were found to be higher than cultivars 1003, 1064, 3008, and hybrid 8006.

Phenology

The number of days prior to flowering after transplanting the trees on-site was significantly different ($P<0,0001$) among jatropha varieties. The cultivar 1064 took the longest time before reaching the flowering stage, whereas cultivars 1011, 1010 and hybrid 8008 flowered in the shortest amount of time (Table 6).

TABLE 5. MEAN SCORES FOR TREES HEIGHT (cm) AT 10 MAS.

Treatment	Mean	Source	DF	F	p-value
10 MAS					
1003	145,6 a	Model	10	23,01	<0,0001
8006	149,5 a	Block	3	30,05	<0,0001
1064	150,1 a	Treatment	7	20	<0,0001
3008	153,9 a	Error	277		
1010	175,9 b	Total	287		
1011	176,8 b				
8008	188,1 b				
1027	201,2 c				

Means with same letter are not significantly different ($P>0,05$).

TABLE 6. MEAN NUMBER OF DAYS FOR FLOWERING AFTER PLANTING.

Treatment	Mean	n	S.E.	
1011	97,6	36	6,36	a
8008	100,3	36	6,36	a
1010	102,9	36	6,36	a
3008	111,7	34	6,55	ab
1003	113,5	34	6,55	ab
8006	121,5	33	6,65	b
1027	126,5	36	6,36	b
1064	150,5	33	6,65	c

Means with same letter are not significantly different ($P>0,05$).

Seed Yields

For the variable yield, significant differences ($P<0,05$) were measured among jatropha varieties. The mean seed yield was significantly higher for cultivars 1011, 1010 and the hybrid 8008 (Figure 5).

Principal Components Analysis (PCA)

The principal components analysis (PCA) employed data from: canopy

diameter, number of branches, tree height, seed yields and phenology (Table 7). It explained 64,3% of the variability in the PC1 and 28,9% in the PC2; the sum of these two components explained 93% of the variability. The first principal component is strongly correlated with canopy, seed yield and number of days until flowering. These variables tend to vary together in opposing directions indicating

that as canopy and yield increase, the number of days until flowering decreases. Also, canopy, seed yield, branches and height tend to increase together along the first principal component. The second principal component instead was strongly

correlated with the number of branches and tree height. Plant height and the number of branches tended to vary in opposite directions. Therefore, as height increased, the number of branches per tree tended to decrease.

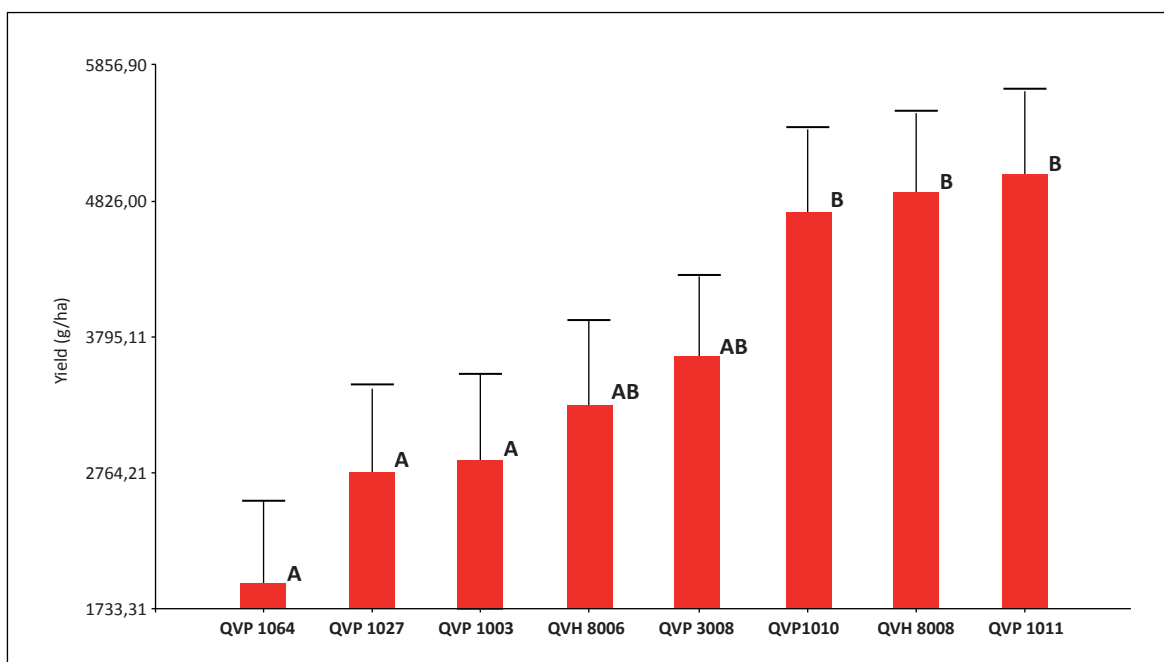


Figure 5. Mean for seed yield in grams per hectare.

TABLE 7. CORRELATIONS BETWEEN THE PRINCIPAL COMPONENTS AND THE ORIGINAL VARIABLES.

Variables	PC 1	PC 2
Canopy	0,97	-0,21
Branches	0,53	0,84
Height	0,71	-0,66
Yield	0,89	-0,19
Flower.days	-0,84	-0,47

Cophenetic correlation= 0,996

The varieties with the greatest seed yield, hybrid 8008 and cultivars 1010 and 1011 were all found in the same cluster on the plane. High canopy diameter, yield and branch number defined varieties 1010 and 1011, while hybrid 8008 was best defined by canopy and yield. Cultivar 1027 was best defined by increased height of

the trees, while cultivar 1064 was best associated with more days of flowering. Hybrid 8006 and cultivars 1003 and 3008 were associated with a higher number of branches and increasing number of days until flowering. Within these two axes 93% of the total variability in the observations was explained (Figure 6).

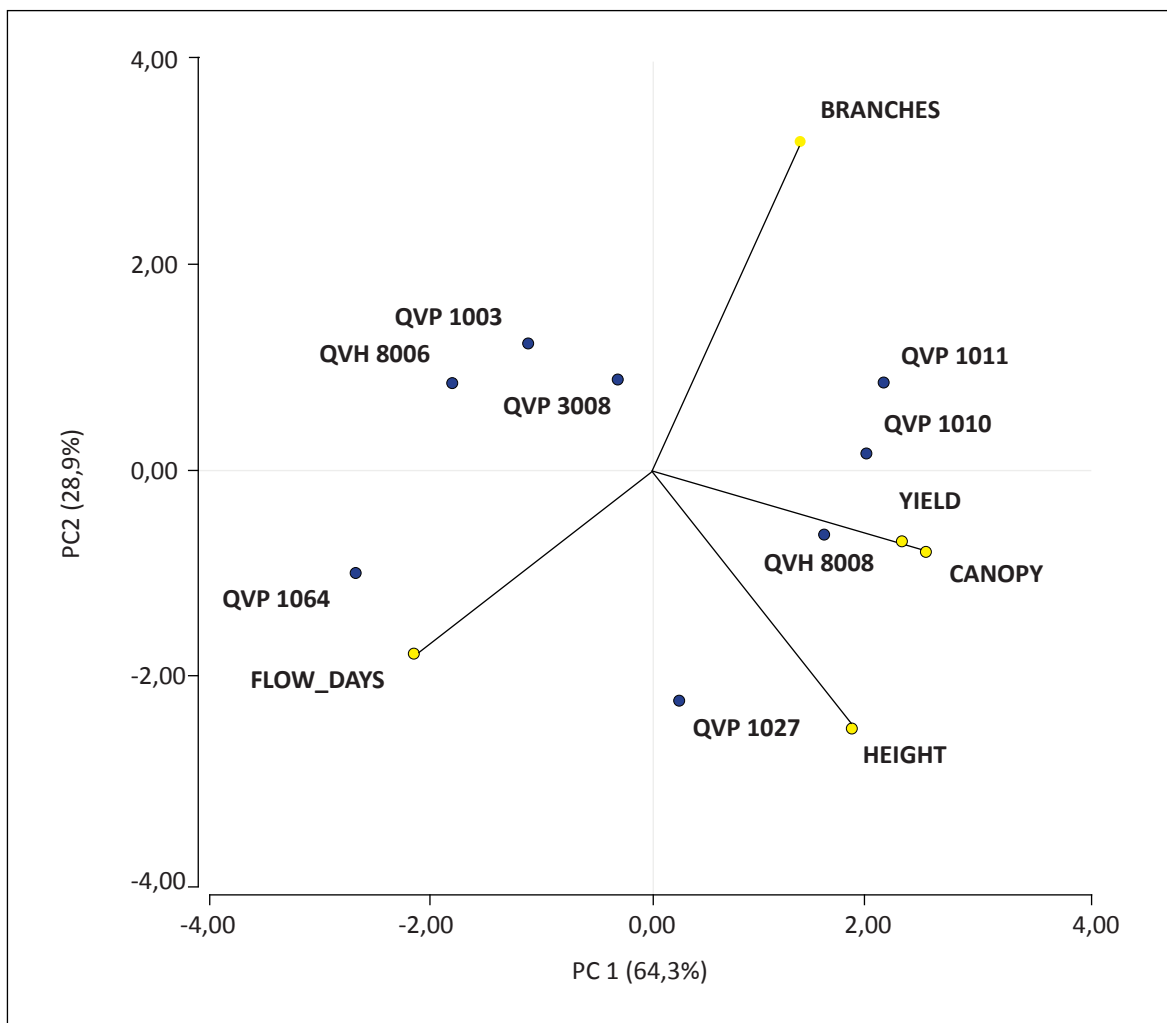


Figure 6. Biplot representation of the principal components analysis (PCA).

Several differences among the cultivars considered in this preliminary study were highlighted by the results, revealing strong implications for seed yield and success of jatropha cultivation in the field. Many of the cultivars that tended to group together on the principal component axis remained grouped together consistently, when analyzing the cultivars' individual properties.

The most notable cluster resulting from this analysis included cultivars 1010, 1011 and hybrid 8008. These three varieties of jatropha were the only one that consistently ranked high in canopy diameter, branch number, and required fewer days to flowering time than any other cultivar. They also yielded the greatest seed biomass. High branch numbers and low canopy height are highly desirable attributes for jatropha cultivated in a typical agricultural setting. This trait combination makes seeds more accessible to the harvester and also enhances the number of inflorescences, which consequently may determine high seed production potential. For these reasons, the canopy and branches are often managed through pruning (Contran *et al.* 2013). The metrics used in this study are common agronomic traits used to assess jatropha as proposed by Yi *et al.* (2010). Overall, in this preliminary investigation the most desirable varieties

of jatropha cultivars resulted to be: 1010, 1011, and hybrid 8008.

It is common knowledge that among the oil crop species being considered for biofuel production *Jatropha curcas* L. cannot compete for oil yield, especially when compared to palm, or coconut oil crops grown in Africa, or southeast Asia, which can be four times more productive than the Physic nut tree. However, Okabe and Somabhi (1989) reported that seed yields of jatropha trees can increase to about 300 kg.ha⁻¹ with an application of a complete chemical fertilizer 15-15-15 (NPK) at a rate of 250 kg.ha⁻¹ in the sandy loam soils (Warin soil series, Oxic Paleustults) of Thailand. In addition to this, jatropha oil can be effectively used raw as a substitute for biodiesel fuel without requiring extra steps in the refinery processes, which instead are necessary for coconut and palm oils (Sadakorn 1984). Therefore, a simple extraction through hydraulic pressure and filtration of raw jatropha oil can become a feasible, renewable energy source for diesel engines among a majority of small scale farmers in the developing world (Ratree 2004). *Jatropha curcas* L. is a native species to Central America and although it is now found in most tropical regions of the world, its cultivation in Panama is free of potential risks of introducing alien plant species, whose population growth and

seed dispersion mechanisms may cause serious problems to the ecology of a region in which they become established, due to a lack of natural enemies.

CONCLUSIONS

- Agronomically the potential employment of *Jatropha curcas* L. could be promising for developing an agriculture focused on biodiesel production in Panama.
- Present challenges limiting the adoption of this species for cultivation in Panama are concerned with the domestication of the Physic nut tree, the efficiency of oil extraction techniques and production costs. The economic feasibility of growing jatropha among small-scale farmers in Panama remains a challenge that this investigation was not able to consider at this time.
- Through this preliminary study the investigators recognized that even though jatropha has potential to become most adaptable and feasible for adoption in Panamanian agriculture, the consequences of developing large-scale cultivations of this species, could be deleterious to the services provided by biodiversity.

- Varieties 1010, 1011 and hybrid 8008 are recommended over the other cultivars that were considered in this study for local plantings in the Arco Seco region of Panama.

- This research showed a preliminary difference in performance in this area between varieties when these are fully developed and at the peak of their seed productivity. Such differences may be unique to this region, and may be due to genotype and/or by environmental interactions.

REFERENCES

- Abhilash, PC; Srivastava, P; Jamil, S; Singh, N. 2011. Revisited *Jatropha curcas* as an oil plant of multiple benefits: critical research needs and prospects for the future. *Environmental Science and Pollution Research* 18:127-131.
- Achten J, WM; Nielsen, LR; Aerts, R; Lengkeek, AG; Kjær, ED; Trabucco, A; Hansen, JK; Maes, WH; Gaudal, L; Akinnifesi, FK; Muys, B. 2010. Towards domestication of *Jatropha curcas*. *Biofuels* 1(1):91–107.
- Akbar, E; Yaakob, Z; Kamarudin, SK; Ismail, M; Salimon, J. 2009. Characteristics and Composition of *Jatropha curcas* Oil Seed from Malaysia and its

- Potential as Biodiesel Feedstock. European Journal of Scientific Research 29(3):396-403.
- Augustus, GDPS; Jayabalan, M; Seiler, GJ. 2002. Evaluation and bioinduction of energy components of *Jatropha curcas*. Biomass and Bioenergy. 23:161-164.
- Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. 2008. Manual del Usuario: InfoStat. Editorial Brujas, Córdoba, AR.
- Banerji, R; Chowdhury, AR; Misra, G; Sudarsanam, G; Verma, SC; Srivastava, GS. 1985. *Jatropha* Seed Oils for Energy. Biomass 8:277-282.
- Barrance, A; Beer, J; Boshier H, D; Chamberlain, J; Cordero, J; Detlefsen, G; Finegan, B; Galloway, G; Gómez, M; Gordon, J; Hands, M; Hellin, J; Hughes, C; Ibrahim, M; Kass, D; Leaky, R; Mesén, F; Montero, M; Rivas, C; Somarriba, E; Stewart, J; Pennington, T. 2003. Central American trees: source book for extension workers. Oxford Forestry Institute, CATIE, Turrialba, CR.
- Becker, K; Makkar S, HP. 2008. *Jatropha curcas*: A potential source for tomorrow's oil and biodiesel. Lipid Technology 20(5):104-107.
- Contran, N; Chessa, L; Lubino, M; Bellavite, D; Roggero P, P; Enne, G. 2013 "State-of-the-art of the *Jatropha curcas* productive chain: From sowing to biodiesel and by-products," Industrial Crops and Products 42:202–215.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR.
- Divakara, BN; Upadhyaya, HD; Wani, SP; Gowda L, CL. 2010. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. Applied Energy 87:732–742.
- Foidl, N; Foidl, G; Sanchez, M; Mittelbach, M; Hackel, S. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. Bioresource Technology 58:77-82.
- Forson, FK; Oduro, EK;. Hammond-Donkoh, E. 2004. Performance of *Jatropha* oil blends in a diesel engine. Renewable Energy 29:1135-1145.

- Francis, G; Edinger, R; Becker, K. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Natural Resources Forum* 29:12–24.
- Heckadon M, S; Espinosa G, J. 1985. *Agonia de la Naturaleza. Ensayos sobre el costo ambiental del desarrollo panameño.* Instituto de Investigación Agropecuaria de Panama and Smithsonian Tropical Research Institute. Panama, PA.
- Henning, R. 1996. Combating Desertification: The *Jatropha* Project of Mali, West Africa. *In The Arid Lands Newsletter.* Available in <http://ag.arizona.edu/OALS/ALN/aln40/jatropha.html>
- Jongschaap E, RE; Corré, WJ; Bindraban, PS; Brandenburg, WA. 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas* L.: global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. *Plant Research International* 158:1-42.
- Kaushik, N; Kumar, K; Kumar, S; Kaushik, N; Roy, S. 2007. Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha (Jatropha curcas* L.) accessions. *Biomass and Bioenergy* 31:497-502.
- Kumar, GP; Yadav, SK; Thawale, PR; Singh, SK; Juwarkar, AA. 2008. Growth of *Jatropha curcas* on heavy metal contaminated soil amended with industrial wastes and *Azotobacter* – A greenhouse study. *Bioresource Technology* 99:2078-2082.
- Lama, AD; Vuorisalo, T; Niemelä, P. 2015. Global patterns of arthropod herbivory on an invasive plant, the physic nut (*Jatropha curcas* L.). *Journal of Applied Entomology* 139(1/2):1-10.
- Okabe, T; Somabhi, M. 1989. Eco-physiological studies on drought tolerant crops suited to the Northeast Thailand. Technical paper No.5. Agricultural development research Centre in Northeast Thailand, Moe Din Daeng, Khon Kaen, Thailand.
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19:1-15.
- Peel, MC; Finlayson, BL; McMahon, TA. 2007. Updated world map of the

- Köpen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11:1633–1644.
- Pramanik, K. 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. *Renewable Energy* 28:239-248.
- Quinvita. 2013. *Jatropha curcas*: Nursery setup and plantation management. Quinvita training documents. Slides presentation.
- Ratree, S. 2004. A preliminary study of Physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand. *Pakistan Journal of Biological Science* 7(9):1620-1623.
- Sadakorn, J. 1984. Physic nut (*Jatropha curcas* Linn.), a potential source of fuel oil from seeds for an alternative source of energy. *Thai Agricultural Research Journal* 2:67-72.
- Shah, S; Sharma, A; Gupta, MN. 2004. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by enzyme assisted three phase partitioning. *Industrial Crops and Products* 20:275-279.
- Shah, S; Sharma, A; Gupta, MN. 2005. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. *Bioresource Technology* 96:121-123.
- Singh, RN; Vyas, DK; Srivastava L, NS; Narra, M. 2008. SPRERI experience on holistic approach to utilize all parts of *Jatropha curcas* fruit for energy. *Renewable Energy* 33:1868–1873.
- Tamalampudi, S; Rahman, MT; Hama, S; Numata, K; Kondo, T; Fukuda, H. 2008. Enzymatic production of biodiesel from *Jatropha* oil: A comparative study of immobilized-whole cell and commercial lipases as a biocatalyst. *Biochemical Engineering Journal* 39:185-189.
- Tomomatsu, Y; Swallow, B. 2007. *Jatropha curcas* biodiesel production in Africa: economics and potential value chain development for smallholder farmers. Working Paper Series, WP 54, World Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya.
- Van Eijck, J; Romijn, H. 2008. Prospects of *Jatropha* biofuels in Tanzania: An analysis with Strategic Niche Management. *Energy Policy* 36:311-325.
- Vimal, CP; Singh, K; Singh, JS; Kumar, A; Singh, B; Singh P, R. 2012.

Jatropha curcas: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(5):2870-2883.

Yi, C; Zhang, S; Liu, X; Bui N, HT; Hong, Y. 2010. Does epigenetic polymorphism contribute to phenotypic variances in *Jatropha curcas* L.?. BMC Plant Biology. 10:259. (on line). Accessed 28 nov. 2014. Available in <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/10/259>

ACKNOWLEDGEMENTS

We want to express our gratitude to Dan Gray, CFO and Adrian Harvey, CEO of Panama Green Fuels S.A. (PGF), for their support in funding this research project. We wish to thank Engineer Raul Gonzalez (IDIAP) for his collaborative assistance and Engineer Leonel Rios (IDIAP) for his support on the data collection. The Ministry of Agricultural Development (MIDA) is thankfully acknowledged for being part of the collaborative agreement between PGF and IDIAP. Special thanks to the Engineer Gladys Tejeira from the National Institute of Agriculture (INA), for her support during the establishment of the tree nursery phase of this research endeavor.

RENDIMIENTO DE PROTOCOLO DE EXTRACCIÓN DE ADN DE BOVINOS CRIOLLOS¹

Axel Villalobos-Cortés²; Rita González-Herrera³

RESUMEN

Con el objetivo de comparar cinco volúmenes de reactivo comercial aplicado en la extracción de ADN en pelo de bovino, se tomaron muestras aleatorias de pelo de la zona caudal de 25 bovinos criollos de la razas Guaymí y Guabalá. Se obtuvo la concentración de ADN en nanogramos por microlitro (ng/ul) y se determinó la pureza mediante la relación entre la absorbancia 260 nm y 280 nm (R) para cada una de las muestras. Los resultados del análisis para los tratamientos realizados, no mostraron diferencias significativas para el valor de R. Sin embargo para la concentración, se observaron diferencias entre el tratamiento 5 y 4 ($P=0,019$) y tratamiento 5 y 1 ($P=0,021$). La media general de R fue $1,77 \pm 0,22$ y para concentración fue de $34,96 \pm 7,18$ ng/ul. Los valores observados en R oscilaron entre $1,37 \pm 0,60$ en el tratamiento 3 y $2,24 \pm 0,61$ en el tratamiento 2. En cuanto a la concentración de ADN, los valores oscilaron en $12,28 \pm 12,98$ ng/ul en el tratamiento 4 y $75,21 \pm 14,04$ ng/ul en el tratamiento 5. Se logró extracción de ADN genómico en todos los tratamientos con similares valores de pureza. Se produjo una optimización de hasta cinco veces la capacidad de extracción del producto comercial y una reducción del costo por muestra; además se simplificó la secuencia de pasos del protocolo al utilizar un termociclador en el proceso total de extracción.

PALABRAS CLAVES: Biotecnología, biodiversidad, biología molecular, genética.

¹ Recepción: 6 de septiembre de 2016. Aceptación: 25 de octubre de 2016. Proyecto Conservación y uso de diversidad genética del bovino criollo panameño.

²Ph.D. en Conservación y mejora animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: villalobos.axel@gmail.com

³Lic. en Biotecnología. IDAIP. CIAC. e-mail: carolina_0190@hotmail.com

EXTRACTION PERFORMANCE PROTOCOL CREOLE CATTLE DNA

ABSTRACT

In order to compare five volumes of commercial reagent applied in the extraction of bovine DNA in plucked hair, random samples of hair from the tail area of 25 Creole cattle breeds Guaymi and Guabala were taken. DNA concentration in nanograms per microliter (ng/ul) was obtained and the purity was determined by the relationship between absorbance at 260 nm and 280 nm (R) for each of the samples. The results of the analysis conducted for treatments showed no significant differences for the value of R. However, for concentration, a significant differences between treatment 5 and 4 ($P = 0,019$) and treatment 5 and 1 ($P = 0,021$) were observed. The overall average of R was $1,77 \pm 0,22$ and concentration was $34,96 \pm 7,18$ ng/ul. The observed values of R ranging from $1,37 \pm 0,60$ in treatment 3 and $2,24 \pm 0,61$ in treatment 2. As to the DNA concentration, the values were in $12,28 \pm 12,98$ ng/ul in the treatment 4 and $75,21 \pm 14,04$ ng/ul in the treatment 5. Genomic DNA extraction was achieved in all treatments with similar values of purity. Optimization occurred up to five times extraction capacity of the commercial product and reduced cost per sample; also the sequence of steps of the protocol using a single thermal cycler in the total extraction process was simplified.

KEY WORDS: Biotechnology, biodiversity, molecular biology, genetics.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de métodos moleculares en el estudio de genes, ya sea de resistencia o productivos en especies animales, requiere de una fuente de ADN que permita ser transportada de manera que la molécula no pierda su integridad. Existen diversas fuentes para obtener ADN genómico, como el caso de la sangre, pelo, saliva y semen entre otros (Bates *et al.* 1991, Campbell *et al.* 1997, Bastos *et al.* 2000, Castañeda *et al.* 2004). Sin embargo, la muestra de ADN de pelo es una forma no invasiva, fácil de

transportar, genera un mínimo riesgo de contaminación durante su procesamiento y permanece viable por mayor tiempo. La medición mediante fluorescencia en el extremo de la raíz del cabello recién cortada se puede obtener hasta 0,5 ug de ADN, mientras que el eje del cabello contiene muy poca cantidad (Kumar *et al.* 2005). Se han ensayado metodologías para aislar el ADN a partir de muestras de pelo, pero estos métodos tardan mucho tiempo o requieren costosos productos químicos (Kumar *et al.* 2005).

Diversos laboratorios con bajos presupuestos se enfrentan ante la disyuntiva de elaborar sus propios reactivos para la extracción de ADN o utilizar reactivos comerciales. En ambos casos, lo importante es que el método utilizado sea eficiente, inocuo para la salud del investigador y adecuado al presupuesto. Existen varios métodos de extracción de ADN de pelo y otras fuentes como sangre o tejidos de manera artesanal, que en muchas ocasiones se obtienen buenos resultados, sin embargo depende de cada laboratorio elaborar adecuadamente los reactivos y bajo las condiciones necesarias que les permita mantener resultados consistentes (Miller *et al.* 1988, Bauerová *et al.* 1996, Drissing *et al.* 1996).

Los métodos de extracción de ADN comerciales representan una buena alternativa para el trabajo de laboratorio, siempre y cuando no represente un incremento sustancial del costo operativo y se adecue a las necesidades del laboratorio que requiera su uso. Además, el tiempo que se requiere para realizar la extracción es importante, particularmente cuando el volumen de muestras es alto.

Dentro de los protocolos comerciales de extracción, una nueva solución de extracción de ADN desarrollada por Epicentre, permite el

procesamiento de las muestras utilizando un protocolo muy simplificado. Una de las indicaciones de este reactivo es el uso de ADN de pelo humano; el mismo requiere ser mezclado y pasos de calentamiento y no requiere centrifugación o extracción con disolventes orgánicos lo que permite un tiempo de manipulación muy breve. El rendimiento de ADN obtenido utilizando esta solución va de 2 a 14 ug de ADN.

El objetivo de este trabajo fue modificar el protocolo de extracción de ADN de una solución de extracción comercial con la finalidad de incrementar la eficiencia del mismo y disminuir el costo de cada prueba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se adquirió cinco diferentes volúmenes de un protocolo comercial con la finalidad de optimizar su uso bajo condiciones de micro preparados en tubos de 250 ul, para la extracción de ADN genómico en estudios de diversidad genética bovina. El trabajo se realizó en el laboratorio de Agrobiotecnología del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Carretera Panamericana, km 214, Divisa, provincia de Herrera. Se tomaron muestras aleatorias de pelo de la zona caudal de 25 bovinos criollos de la razas Guaymí y Guabalá distribuidas de la siguiente manera: tratamiento 1: 500 ul (cantidad recomendada por el fabricante),

tratamiento 2: 400 ul, tratamiento 3: 300 ul, tratamiento 4: 200 ul y tratamiento 5: 100 ul. El protocolo consistió en tomar cinco tubos de 1,5 ml para cada tratamiento y agregar 10 muestras de 1,0 cm de pelo de la cola, previamente desinfectadas con agua desionizada y etanol 100%, según Kumar *et al.* 2005.

Los pelos fueron transferirlos a cada tubo de 1,5 ml del reactivo comercial; se aplicó vórtex por 15 segundos; luego se incubaron a 65° C por 6 minutos en un enfriador electrónico; nuevamente se aplicó vórtex por 15 segundos y se incubaron a 98° C por 2 minutos en un evaporador analítico. El rendimiento teórico de ADN reportado por el fabricante es de 2 ng/ul a 14 ng/ul por cada muestra de pelo de 0,5 cm a 1,0 cm. El ADN extraído fue cuantificado mediante un espectrofotómetro donde se obtuvo la concentración de ADN en nanogramos por microlitro (ng/ul) y se determinó la pureza mediante la relación entre la absorbancia 260 nm y 280 nm (R) para cada una de las muestras. El ADN genómico fue resuelto en geles de agarosa al 1% y teñidas mediante colorante fluorescente) y visualizados en un foto documentador.

El análisis estadístico se efectuó mediante un modelo en bloques completos al azar, teniendo como variables de respuesta, la concentración

de ADN genómico y el valor de R. En caso de obtener diferencias significativas se procedería a realizar un análisis de medias de mínimos cuadrados. Paralelamente y para comparar los tiempos de extracción con el mismo protocolo, se realizó una prueba donde se transfirieron 10 bulbos de pelo de bovino a 10 microtubos de 250 ul y se agregaron 100 ul del reactivo; se aplicó vórtex por 15 segundos; luego se incubaron a 65° C por 6 minutos, nuevamente se aplicó vórtex por 15 segundos y se incubaron a 98° C por 2 minutos mediante un protocolo configurado en un equipo de PCR de punto final.

Una vez obtenido ADN genómico y con la finalidad de comprobar la capacidad de extracción del protocolo de menor volumen (tratamiento 5), se procedió a realizar una amplificación de región 3'UTR del gen SLC11A1, utilizando un equipo de PCR punto final. En la reacción de PCR se utilizaron los oligonucleótidos SLC11A1 FW: 5'-GGAATGAGTGGGCACAGTGGC-3' y RV: 5'-CCTTCCAGAACTCCCTCTCCG-3' (0,5 mM), en 25 µl de mezcla total, con 70 a 100 ng de ADN, 0,2 mM de cada DNTP, 1x de tampón PCR, 1,5 mM MgCl₂ y 1U de Taq ADN polimerasa. El programa de amplificación constó de una desnaturalización inicial de 3 minutos a 94° C, 30 ciclos de 45 segundos a 94° C,

30 segundos a 55° C y 90 segundos a 72° C, con una extensión final de 10 minutos a 72° C.

El producto de PCR fue resuelto en gel de agarosa al 2%, teñidas mediante un colorante fluorescente y visualizados en un foto documentador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis para los tratamientos realizados, no mostraron diferencias significativas para el valor de R. Sin embargo para la concentración, se observaron diferencias entre el tratamiento 5 y 4 ($P=0,019$) y Tratamiento 5 y 1 ($P=0,021$). La media general de R fue $1,77 \pm 0,22$ y para la concentración fue de $34,96 \pm 7,18$ ng/ul. Los valores observados en R oscilaron entre $1,37 \pm 0,60$ en el tratamiento 3 y $2,24 \pm 0,61$ en el tratamiento 2. En cuanto a la concentración de ADN, los valores oscilaron en $12,28 \pm 12,98$ ng/ul en el tratamiento 4 y $75,21 \pm 14,04$ ng/ul en el tratamiento 5 (Cuadro 1).

Los valores de concentración obtenidos en este trabajo, son similares a los observados por Kumar *et al.* (2005), Suenaga y Nakamura (2005) en muestras de pelo de bovino y humano, respectivamente, sin embargo en humanos se utilizaron dos folículos. Tomando en cuenta que la cantidad utilizada para una amplificación normalmente es de 70 a 100 ng, fue posible la obtención de cantidad suficiente de ADN en los cinco tratamientos.

En el tratamiento 5 se observó una mayor concentración de ADN probablemente por una mejor cantidad obtenida del folículo, aunque en general, en todos los tratamientos fue posible recobrar ADN. Sin embargo al evaluar la pureza, los tratamientos 1, 2, 4 y 5 presentaron los mejores valores, aunque no se observaron diferencias significativas a excepción del tratamiento 5 con respecto a los demás ($P<0,05$). Considerando que el rango de pureza de las muestras se

CUADRO 1. VALOR DE R Y CONCENTRACIÓN DE CINCO VOLÚMENES DE UN MÉTODO DE EXTRACCIÓN COMERCIAL.

Tratamientos	R	EE	Concentración	EE
1	2,11	0,53	20,37	14,09
2	2,24	0,61	24,14	13,64
3	1,37	0,60	37,66	17,82
4	1,57	0,53	12,28	12,98
5	1,51	0,53	75,21	14,09

EE: error estándar

desvía de los rangos óptimos de 1,8 a 2,0 todas las muestras parecen sufrir algún nivel de contaminación a pesar que a las muestras se les dio un tratamiento previo de limpieza y desinfección. Dado que las muestras de pelo fueron obtenidas de la zona de la borla, se sabe que esta región está expuesta a fuerte contaminación particularmente de heces y el lodo.

Los resultados obtenidos de los distintos volúmenes del reactivo de extracción comercial mostraron la presencia de ADN para todos los tratamientos, destacando una mayor intensidad de imagen en el tratamiento 5 correspondiente a 100 ul del producto. Una segunda corrida del experimento mostró resultados similares respecto al primer gel por lo que la utilización de 100 ul de producto de extracción en pelo de bovino podría ser sustituido por la recomendación original del fabricante de 500 ul, aunque se debe recalcar que los resultados se limitan al estudio en pelo de bovino y bajo las condiciones de trabajo del laboratorio. Por otro lado, se debe considerar que la aplicación de la cantidad recomendada de pelo en el instructivo de la compañía es de 0,5 a 1 cm de folículo piloso de humano. También habría que contemplar, previo a la extracción de ADN de pelo, la limpieza del material con agua desionizada y etanol al 100% para evitar la inclusión de impurezas dentro del proceso

de extracción (Kumar *et al.* 2005). En el presente trabajo se utilizó, para todas las muestras, 10 pelos de bovino extraído de la región de la borla, cantidad utilizada en muchos trabajos de investigación, particularmente en estudios de diversidad genética bovina, garantizando una cantidad normalizada de ADN entre 20 y 140 ug/ul (Kumar *et al.* 2005, Villalobos-Cortés *et al.* 2010, Delgado *et al.* 2012, Martínez *et al.* 2012). Una ventaja en la utilización de cantidades más pequeñas de producto es en los periodos de calentamiento, al utilizar equipos como el termociclador, se logró mejor precisión, ya que se llegó a la temperatura deseada de manera más controlada y en menor tiempo.

En el presente trabajo, se utilizó un evaporador analítico cuyo tiempo calentamiento prolongaba el tiempo de extracción total entre 60 y 80 minutos a diferencia de lo que establece el protocolo del fabricante de máximo 8 minutos. Además la manipulación de los preparados se hace más compleja incrementando el riesgo de accidentes por quemaduras. Al reducir las cantidades necesarias para realizar una extracción, en este caso 100 ul, fue posible utilizar microtubos de 250 ul y con el termociclador se logró incrementar la velocidad y precisión de las extracciones de ADN de pelo en un tiempo entre 20 y 30 minutos.

Se observó que por la disminución de 100 ul de la cantidad recomendada por el fabricante, hay una reducción entre 20% y 80%, lo que representa un ahorro sustancial en el costo operativo en el uso de este protocolo. El Cuadro 2 muestra las diversas variables generadas por tratamiento del reactivo comercial, donde se muestra el bajo costo en el uso de los reactivos al optimizar su uso. Por otro lado, al utilizar cantidades menores de producto en microtubos de 250 ul se reduciría la contaminación potencial en el laboratorio, el tiempo total de extracción y es posible incrementar la cantidad de muestras por extracción y por unidad de tiempo. En el caso de la utilización del termociclador como fuente de calentamiento utilizando microtubos de 250 ul, se pueden obtener 96 extracciones simultáneas a un costo de B/.66,81 comparado con B/.333,88 que se emplean en el protocolo recomendado por el fabricante, pero empleando mayor tiempo. Esto es particularmente importante cuando se procesan grandes volúmenes de muestras, donde se

requiere optimizar los recursos disponibles en el laboratorio. Bajo esta metodología se logra incrementar hasta cinco veces la capacidad de extracción del producto en evaluación.

En los resultados de la amplificación de la PCR se observa una secuencia ubicada entre 200 bp y 300 bp correspondientes a las región 3'UTR del gen SLC11A1, lo que confirma que es posible realizar extracciones de ADN en pelo bovino, particularmente en 100 ul de reactivo (ver Figura).

Cabe destacar que posterior al presente reporte, se ha tomado como protocolo regular el uso de minipreparados en tubos de 250 ul utilizando entre 100 ul y 200 ul de reactivo utilizando un equipo de PCR para realizar las incubaciones en 65° C y 98° C, mejorando la eficiencia en el tiempo total de las mismas, comparado con el uso del enfriador electrónico y el evaporador analítico.

CUADRO 2. COMPARACIÓN DE CINCO DIFERENTES VOLÚMENES DE REACTIVO PARA EXTRACCIÓN DE ADN DE PELO BOVINO.

TRATAMIENTO (Tx)	Volumen (ul)	Precio/ml	Costo/Tx	Diferencia en el costo (B/.)
1	500	6,955	3,478	0
2	400	6,955	2,782	0,696
3	300	6,955	2,087	1,391
4	200	6,955	1,391	2,087
5	100	6,955	0,696	2,782

ul: microlitros; B/. Balboas; ml: mililitros; Tx: tratamiento



Figura. Imagen de productos de PCR de región 3'UTR del gen SLC11A1 en gel de agarosa al 2% con protocolo de extracción comercial. Imagen a (M: marcador; 2, 3, 5, 7-9: 100 ul de reactivo).

CONCLUSIÓN

La extracción de ADN genómico en todos los tratamientos y similares valores de pureza. Se produjo una optimización de hasta cinco veces la capacidad de extracción del producto comercial y una reducción del costo por muestra; además se simplificó la secuencia de pasos del protocolo al utilizar un equipo en el proceso total de extracción.

BIBLIOGRAFÍA

- Bastos, R; Federizzi, J; Deschamps, JC; Cardellino, R; Dellagostin, OA. 2000. Characterization of swine stress gene by DNA testing using plucked hair as a source of DNA. *Genetics and Molecular Biology* 23(4):815-817.
- Bates, I; Bedu-Addo, G; Rutherford, TR. 1991. Extracting, storing, and

- transporting whole blood DNA under tropical conditions. *J Clin Pathol* 44:605-606.
- Bauerová, M; Vasicek, D; Uhrin, P; Chrenek, P; Mlynek, J; Bulla, J. 1996. Detection of malignant hyperthermia in pigs by DNA-test using plucked hair as a source of DNA. *Pig News Inf.* 16:109N-111N.
- Campbell, A; Williamson, J; Padula, D; Sundby, S. 1997. Use PCR and a single hair to produce a DNA fingerprinting. *The American Biology Teacher* 59(3).
- Castañeda, A; Mcewen, J; Hidalgo, M; Castañeda, E. 2004. Evaluación de varias técnicas de extracción de ADN de *Cryptococcus* spp. a partir de muestras ambientales. *Biomédica* 24:324-31.
- Delgado, JV; Martínez, AM; Acosta, A; Alvarez, LA; Armstrong, E; Camacho, E; Cañón, J; Cortés, O; Dunner, S; Landi, V; Marques, JR; Martín-Burriel, I; Martínez, OR; Martínez, RD; Melucci, L; Muñoz, JE; Penedo, MCT; Postiglioni, A; Quiróz, J; Rodellar, C; Sponenberg, P; Uffo, O; Ulloa-Arvizu, R; Vega-Pla, JL; Villalobos, A; Zambrano, D; Zaragoza, P; Gama, LT; Ginja, C. 2012. Genetic characterization of Latin-American Creole cattle using microsatellite markers. *Animal Genetics* 43:2-10.
- Drissing, J; Rudbeck, L; Marcher, H. 1996. A five minute procedure for extraction of genome DNA from whole blood, semen and forensic stain for PCR. *In Advances in Forensic Haemogenetics* (Carracedo, A., ed.). Springer-Verlag, New York, p.269-271.
- Kumar, P; Choudhary, V; Bhattacharya, T; Bhushan, B; Sharma, A. 2005. PCR-RFLP based genotyping of cattle using DNA extracted from hair samples. *Indian Journal of Biotechnology* 4:287-289.
- Martínez, AM; Gama, LT; Canon, J; Ginja, C; Delgado, JV; *et al.* 2012. Genetic Footprints of Iberian Cattle in America 500 Years after the Arrival of Columbus. *PLoS ONE* 7(11):e49066.
- Miller, SA; Dykes, DD; Polesky, HF. 1988. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Res.* 16:1215.

Suenaga, E; Nakamura, H. 2005. Evaluation of three methods for effective extraction of DNA from human hair. Journal of Chromatography B 820:137–141.

Villalobos-Cortés, AI; Martínez, AM; Escobar, C; Vega-Pla, JL; Delgado; JV. 2010. Study of genetic diversity of the Guaymi

and Guabala bovine populations by means of microsatellites. Livest Sci 131:45–51.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del presente trabajo.

CONSTANTES FISIOLÓGICAS DE OVINOS PELIBUEY, DORPER Y KATAHDIN EN ECOSISTEMA DE BOSQUE HÚMEDO TROPICAL¹

Carlos Iván Saldaña-Ríos²; Henry Ortega-Ríos³; Daniel Díaz-Granados⁴

RESUMEN

Con el objetivo de determinar las constantes fisiológicas de las razas Dorper (D), Katahdin (K) y Pelibuey (Pb), como indicadores de tolerancia al calor en un ecosistema de bosque húmedo tropical, se desarrolló un estudio en la Estación Experimental Carlos M. Ortega en Gualaca, Panamá. Se seleccionó ovinos machos y hembras puros, cinco de cada raza, y se manejaron en praderas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Se evaluó la temperatura rectal (TR), frecuencia respiratoria (FR), frecuencia cardíaca (FC), temperatura ambiental (TA), humedad relativa (HR) e índice de confort (ITH) en el periodo seco (PS) y lluvioso (PL). Se empleó un diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3 x 2 con medidas repetidas. La TR, FR y FC fueron diferentes ($P < 0,0001$) entre razas y periodo, mientras que para la triple interacción raza*sexo*periodo no se reportó diferencia ($P > 0,05$). La TR y FR media fueron de 39,31; 39,28 y 39,72° C y 116, 109 y 87 inspiraciones/minuto para los D, K y Pb, respectivamente. La variación en la FC fue significativa ($P < 0,05$) para las interacciones raza*periodo y raza*sexo y la FC media fue de 99 (D), 86 (K) y 128 (Pb) latidos/minuto. Los valores de ITH, 28,83 (PS) y 29,54 (PL) son considerados estrés calórico severo. Se concluyó que los ovinos a pesar que no se encuentran dentro de su zona de confort, toleran las condiciones del ecosistema mediante la activación de mecanismos de termorregulación.

PALABRAS CLAVES: Tolerancia al calor, razas, índice de confort, termorregulación.

¹Recepción: 11 de mayo de 2016. Aceptación: 11 de agosto de 2016. Trabajo realizado en el Proyecto: Evaluación de razas y cruces para el mejoramiento bio-económico de la producción de ovinos y caprinos en Panamá.

²M.Sc. en Nutrición Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc).
e-mail: cisaldana@yahoo.com

³Técnico Agropecuario. IDIAP. CIAOc. e-mail: henrieto-02@hotmail.com

⁴Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. e-mail: danielldzg@hotmail.com

PHYSIOLOGICAL CONSTANTS OF PELIBUEY, DORPER AND KATAHDIN SHEEP IN A TROPICAL RAIN FOREST ECOSYSTEM

ABSTRACT

In order to determinate the physiological constants in Dorper (D), Katahdin (K) and Pelibuey (Pb) breeds such as indicator of heat tolerance in a tropical rain forest ecosystem a study was carried out at the Research Station Carlos M. Ortega, in Gualaca, Panamá. Males and females pure breed (five per race) were used and kept in pastures of *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. The rectal temperature (TR), respiratory (FR) and cardiac frequency (FC), environmental temperature (TA), relative humidity (HR) and the comfort index (ITH) were evaluated in the dry and rainy periods. The experimental design was Completely Randomized in a 3 x 2 factorial scheme. TR, FR and FC were differences between races and periods, however the triple interaction race*sex*period was similar, ($P>0,05$). The average TR and FR were 39,31; 39,28 and 39,72° C and 116, 109 and 87 breaths/minute for D, K and Pb, respectively. For the FC results showed difference ($P<0,05$) for the interactions race*period and race*sex; averages FC were 99 (D), 86 (K) and 128 (Pb) beats/minute. ITH 28,83 (PS) and 29,54 (PL) were considered as severe heat stress conditions. It was concluded that although the sheep were not in a comfort zone they tolerated the ecosystem conditions by activating mechanisms of thermoregulation.

KEY WORDS: Heat tolerance, races, comfort index, thermoregulation.

INTRODUCCIÓN

Las razas de ovinos mayormente empleadas en Panamá son la Pelibuey y Black Belly que poseen buena adaptación al medio y excelente comportamiento reproductivo en pastoreo; pero presentan ciertas limitantes en cuanto a la ganancia de peso (80 a 120 g/día), lento desarrollo, pobre rendimiento en canal (47%) y baja calidad de la carne (Saldaña 2005, Gutiérrez *et al.* 2005).

Como estrategia de mejoramiento del hato nacional, se introdujeron de México las razas Dorper y Katahdin, ampliamente conocidas por su alta productividad, peso adulto, rendimiento y calidad de la carne (Bores *et al.* 2002, Macias-Cruz *et al.* 2010), pero el éxito de esas razas y sus cruces en nuestro medio dependerá de su capacidad de adaptación o tolerancia a las condiciones agroclimáticas.

Las constantes fisiológicas son un indicador del grado de confort del animal y de su capacidad de tolerar las condiciones ambientales. La temperatura rectal, frecuencia respiratoria y cardiaca son indicadores directos del animal a la tolerancia al calor (Bianca y Kunz 1978, Anderson 1984, Brown-Brandl *et al.* 2005).

La tolerancia al medio es uno de los principales criterios de selección y el estrés calórico es el principal problema por el efecto negativo que ejerce en el comportamiento productivo y reproductivo de los animales (Silanikove 2000, Souza 2007, Araúz 2009).

El estrés calórico está relacionado con el consumo de alimento. Al disminuir el consumo de alimento se produce una reducción del funcionamiento de la glándula tiroides (Marai *et al.* 2007), lo cual afecta negativamente la tasa de crecimiento, peso al sacrificio y calidad de la carne; entre otros muchos factores tales como la circulación, respiración, ultrafiltración renal, metabolismo, termorregulación y control hormonal, además afecta la capacidad de producción los requerimientos nutricionales, actividad animal, consumo de alimento y agua, reproducción y fertilidad, desarrollo placentario y fetal, salud, crecimiento y la producción de leche (Araúz 2009).

El objetivo del trabajo fue determinar las constantes fisiológicas de las razas Dorper, Katahdin y Pelibuey, como indicadores de su tolerancia al estrés calórico en un bosque húmedo tropical, lo que representa una gran zona agroecológica de nuestro país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó de febrero a diciembre de 2009, en la Estación Experimental de Gualaca Carlos M. Ortega, Centro de Investigación Agropecuaria del IDIAP, Chiriquí, en un ecosistema de bosque húmedo tropical, localizado a 8°31'14.04" de latitud Norte y 82°18'00.53" de longitud Oeste; a una altura de 100 msnm, con temperatura promedio de 26° C y precipitación de 4200 mm anuales.

Animales

Se emplearon cinco animales de 12 a 18 meses de edad, de ambos sexos (tres hembras y dos machos) por raza; las razas evaluadas fueron Dorper (D), Katahdin (K) y Pelibuey (Pb), siendo las dos primeras con animales importados de México en diciembre de 2008.

Mediciones

La medición se realizó mensualmente, entre 11:00 a.m. y 2:00 p.m., considerando las horas de mayor

radiación solar en el área. Se tomó tres lecturas durante la época seca (febrero a abril) y tres muestras durante la época lluviosa (mayo a diciembre). Las lecturas constituían los periodos experimentales comparados en el modelo.

Parámetros evaluados

Los parámetros ambientales de evaluación fueron: temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR), se utilizó un higrómetro digital colocado en la cerca del área de trabajo a la intemperie, lo que proporcionó la lectura en grados Celsius y porcentaje, respectivamente. Esta información fue utilizada para calcular el Índice Temperatura-Humedad (ITH).

Los parámetros fisiológicos fueron: temperatura rectal (TR), medida a través de la colocación de un termómetro en el recto por un minuto, la frecuencia cardiaca (FC) y respiratoria (FR), medidas con un estetoscopio de uso veterinario y un cronómetro para cuantificar la inspiración y latidos por minuto.

Manejo y alimentación

Los animales se manejaron en pastoreo con *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y una carga animal promedio de 18 ovinos/hectárea, una rotación de siete

días de pastoreo por 21 días en descanso, más una suplementación energética-proteica a razón de 250 a 450 g/animal/día, de acuerdo a la disponibilidad y calidad de la pastura (7,3% PC en época seca y 10,1% PC en época lluviosa). El suplemento se elaboró a base de maíz, pulidura de arroz, harina de soya y sal mineral, fue balanceada para contener 16% de proteína cruda y 3.0 Mcal/kg de EM. Al momento de la toma de datos los animales fueron separados del lote y se ubicaron en un corral hasta la hora de la lectura.

Índice temperatura-humedad

Se calculó el índice temperatura-humedad (ITH) para ovinos, se empleó la fórmula propuesta por Kelly y Bond (1971), desarrollada específicamente para ovino.

$$ITH = T - \{[0,55*(1-HR)] * (T-14,4)\}$$

Diseño experimental y modelo matemático

Se empleó un diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de 3 x 2 y mediciones repetidas en el tiempo. Empleando tres razas: Dorper, Katahdin y Pelibuey; dos sexos y seis periodos (meses) de medición, tres en época seca y tres en la lluviosa.

Para el análisis de los datos se empleó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkm} = \mu + \alpha_i + \delta_j + (\alpha*\delta)_{ij} + \sigma_k + (\alpha*\sigma)_{ik} + (\delta*\sigma)_{jk} + (\alpha*\delta*\sigma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = media general;

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A (raza);

δ_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B (sexo del animal);

$(\alpha*\delta)_{ij}$ = efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A (raza) con el j-ésimo nivel del factor B (sexo del animal);

σ_k = efecto del k-ésimo nivel del factor C (periodo);

$(\alpha*\sigma)_{ik}$ = efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A (raza) con el j-ésimo nivel del factor B (sexo del animal);

$(\delta*\sigma)_{jk}$ = efecto de la interacción del j-ésimo nivel del factor B (sexo del animal) con el k-ésimo nivel del factor C (periodo);

$(\alpha*\delta*\sigma)_{ijk}$ = efecto de la triple interacción del i-ésimo nivel del factor A (raza) con el j-ésimo nivel del factor B (sexo del animal) y el k-ésimo nivel del factor C (periodo);

ε_{ijk} = efecto del error aleatorio.

Aquí es donde debe decir si las interacciones fueron significativas o no y eliminarlas del modelo final.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura rectal (TR)

El análisis estadístico mostró que hubo diferencia ($P < 0,01$) entre la temperatura rectal de las razas evaluadas (Cuadro 1), mostrando la variación

existente entre ellas; sin embargo, la temperatura rectal media ($39,4 \pm 0,5^\circ \text{C}$) está dentro del rango de normalidad para la especie, de acuerdo a datos de Terrill (1973), Marek y Mócsy (1973) y Anderson (1984); quienes coinciden que la TR media normal es 39°C y oscila entre $38,3^\circ \text{C}$ y $40,5^\circ \text{C}$. La temperatura obtenida, en este estudio, fue superior a $38,7^\circ \text{C}$ reportada por Souza *et al.* (1990) con ovinos Santa Inés y Morada Nova, a $38,7^\circ \text{C}$ y $38,8^\circ \text{C}$ encontrado por Quesada *et al.* (2005) con las mismas razas. La TR media para los animales Dorper (D), Katahdin (K) y Pelibuey (Pb), fueron de $39,3 \pm 0,45$; $39,2 \pm 0,37$ y $39,7 \pm 0,66^\circ \text{C}$, respectivamente.

La TR fue diferente entre periodos ($P < 0,01$), debido a la diferencia en las condiciones ambientales existentes. En los registros de la TR durante la mínima y máxima humedad relativa y temperatura ambiental (Figura 1) se observó que en la época lluviosa, con temperatura de $38,5^\circ \text{C}$ y 80% de humedad, se presentó el promedio máximo de $41,6^\circ \text{C}$ de TR, lo que indicó estar fuera del rango de normalidad para ovinos y detectando que los mecanismos de termorregulación no eran suficientes en esos momentos, ya que la alta humedad relativa, temperatura ambiental y radiación solar favorecen el estrés calórico, disminuyendo el gradiente de disipación de calor corporal (Araúz 2009, Cardozo *et al.* 2010).

Entre raza y periodo no se reportó interacción ($P=0,1386$), ni para el efecto de la triple interacción entre raza, sexo y periodo; mientras que, si hubo diferencia ($P<0,05$) para la interacción entre sexo y periodo, lo que mostró variación en la

respuesta de hembras y machos en los diferentes periodos. El coeficiente de variación fue 0,98%, demostrando una amplia confiabilidad de los datos y un coeficiente de determinación (R-cuadrado) de 74,0%.

CUADRO 1. CUADRADO MEDIO DEL ANAVA PARA TEMPERATURA RECTAL.

FV	gl	CM	Pr>F
Raza	2	1,43597222	0,0005**
Sexo	1	0,40500000	0,1097 ^{NS}
Raza-Sexo	2	0,26291667	0,1889 ^{NS}
Periodo	5	1,05522222	0,0001**
Raza-Periodo	10	0,24480556	0,1386 ^{NS}
Sexo-Periodo	5	0,36333333	0,0550*
Raza-Sexo-Periodo	10	0,21075000	0,2198 ^{NS}
Error	36	0,15055556	

**Diferencia altamente significativa ($P<0,01$); *Diferencia significativa ($P<0,05$); ^{NS} Diferencia no significativa.

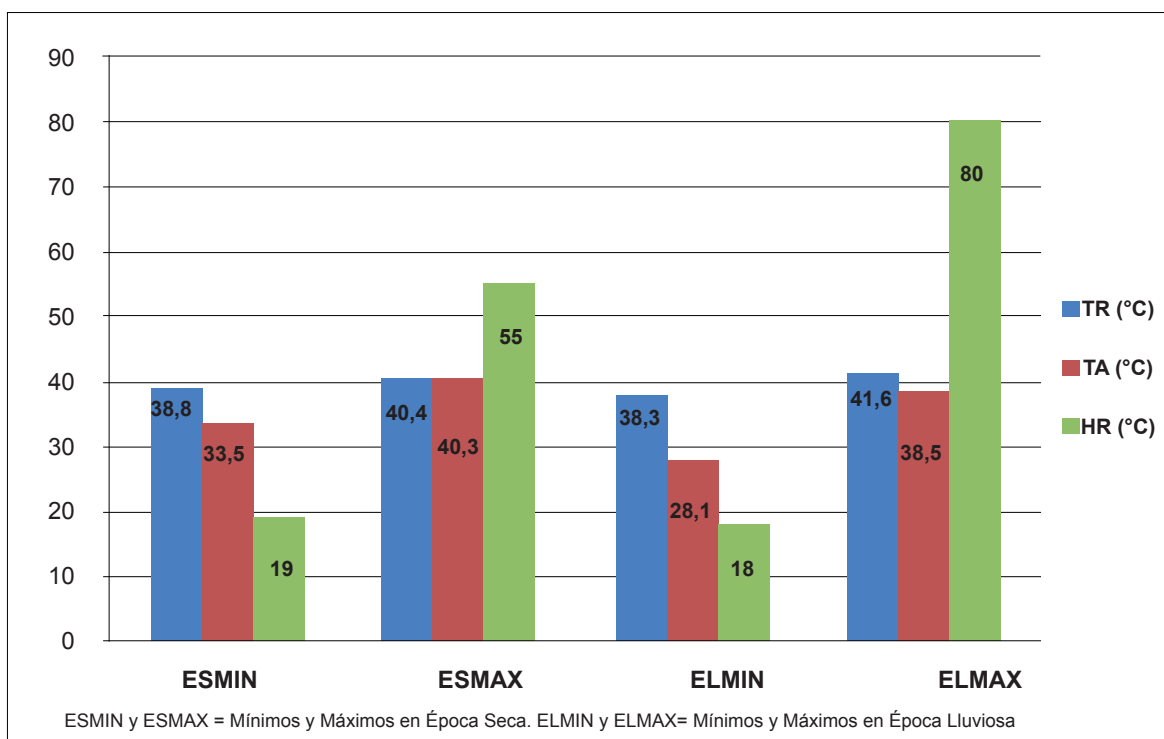


Figura 1. Comportamiento de la temperatura rectal con respecto a las variables ambientales durante los dos periodos experimentales.

Frecuencia respiratoria (FR)

En la FR hubo diferencia ($P < 0,01$) entre razas y entre periodos, no así para el resto de las variables evaluadas. La FR media fue $104,2 \pm 39$ inspiraciones/minuto, siendo $116,3 \pm 32$, $109,4 \pm 38$ y $86,7 \pm 36$ para los D, K y Pb, respectivamente. Estos valores son superiores a la tasa respiratoria normal para ovinos en la zona termo-neutral de 25 a 30 inspiraciones/minuto (Terrill y Slee 1991) y a los datos reportados por Andrade (2006) de 35,28 a 61,64 inspiraciones/minuto. Los valores obtenidos en este estudio (Cuadro 2) concuerdan con los encontrados por Santos *et al.* (2001) de 87,4 y por Cezar *et al.* (2004), de 96,47 en horas de la tarde con ovinos Santa Inés, Dorper y F1 Dorper x Santa Inés. En ovinos la frecuencia respiratoria, puede elevarse hasta 300 o 400 inspiraciones/minuto, en condiciones de estrés severo, según Terrill y Slee (1991) y Veríssimo (2009).

La máxima temperatura ambiental y humedad relativa registradas en la época seca y lluviosa; la FR llegó a 180 y 172 inspiraciones/minuto (valores máximos), respectivamente.

La FR media de las razas importadas fue superior a la raza Pb, en un 34% (D) y 26% (K). En el caso de la FR elevada es posible que los animales no se encuentren estresados, dado que

la FR es un mecanismo de disipación de calor o parámetro de termo-regulación y con la elevación de la FR, es probable que el animal elimine el calor eficientemente y mantenga su homeotermia (Berbigier 1989). Según Mota (1997), un aumento en la temperatura rectal demuestra que los mecanismos de liberación de calor son insuficientes.

Se presentó un incremento en la FR, sin embargo la TR media se mantuvo dentro del rango normal, excepto cuando la temperatura ambiental superó los 38°C o la humedad relativa alcanzó un 80%; bajo estas condiciones los valores de TR excedieron el rango normal. Este resultado es similar a lo reportado por Ledezma (1987) quien señala que la tasa respiratoria de los ovinos aumenta al ser expuestos a temperaturas altas. Es conocido que el efecto estresante de la temperatura es minimizado o maximizado por las condiciones de humedad, radiación solar y velocidad del viento (Barbosa *et al.* 1995), similar a lo encontrado en este estudio con el efecto de la temperatura y humedad (Cuadro 3).

El coeficiente de variación fue relativamente alto (28%), sin embargo es aceptable por el tipo de dato y el coeficiente de determinación del modelo para estos datos fue de 70%.

CUADRO 2. CUADRADO MEDIO DEL ANAVA PARA LA FRECUENCIA RESPIRATORIA.

FV	gl	CM	Pr>F
Raza	2	5782,05556	0,0042**
Sexo	1	260,68056	0,5949 ^{NS}
Raza-Sexo	2	253,55556	0,7574 ^{NS}
Periodo	5	6762,58056	<0,0001**
Raza-Periodo	10	1814,23889	0,0623 ^{NS}
Sexo-Periodo	5	1392,78056	0,2026 ^{NS}
Raza-Sexo-Periodo	10	423,40556	0,8999 ^{NS}
Error	36	905,5417	

**Diferencia altamente significativa ($P<0,01$); ^{NS}=Diferencia no significativa.

CUADRO 3. VARIACIÓN ENTRE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA Y LAS VARIABLES AMBIENTALES EN AMBAS ÉPOCAS EXPERIMENTALES.

	ÉPOCA SECA		ÉPOCA LLUVIOSA	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Frecuencia respiratoria (inspiración/minuto)	44,0	180,0	40,0	172,0
Temperatura ambiental (° C)	33,5	40,3	28,1	38,5
Humedad relativa (%)	19,0	55,0	18,0	80,0

Frecuencia cardiaca (FC)

Los resultados de los análisis estadísticos reflejan que hubo una diferencia altamente significativa ($P<0,01$) para la FC entre razas y entre periodos. En la evaluación de las interacciones, hubo diferencia significativa ($P<0,05$) en la interacción raza - periodo mostrando que ambos son independientes (Cuadro 4).

La FC media fue de $104,66 \pm 32$ latidos/minuto, lo cual es inferior a los valores encontrado por Cezar *et al.* (2004), que reportan 115 y 105 para ovinos

cruzados y mestizos, respectivamente. La FC para los D, K y Pb fue de $99,4 \pm 24$, $86,3 \pm 22$ y $128,2 \pm 32$ latidos/minuto, en el mismo orden. La FC de los animales Pb fue superior con respecto a las razas importadas, lo que sugiere una diferencia en el mecanismo de disipación de calor y que animales de esta raza enfatizan en el aumento de la circulación periférica y evaporación cutánea para reducir el estrés calórico. Cezar *et al.* (2004) indican que entre razas o cruces de ovinos existen diferencias en los mecanismos utilizados para mantener la homeotermia.

El coeficiente de determinación mostró que el 74% de la variación en la FC está representado en el modelo de análisis utilizado y presentó un coeficiente de variación de 21%, lo que es aceptable en este tipo de datos.

Índice de confort

Los valores mínimos y máximos de las condiciones ambientales de temperatura ambiental (TA) y humedad relativa (HR) registrados durante el estudio, en la época seca y lluviosa (Cuadro 5) fueron utilizados para el cálculo del índice temperatura-humedad (ITH), como índice de confort. Los ITH estimados fueron $29,5 \pm 3,4$ y $28,9 \pm 5,1$ en la época seca y lluviosa, respectivamente.

De acuerdo a la ecuación que se utilizó, valores de iguales o superiores a 23 indicaron que las condiciones ambientales fueron suficientes para provocar estrés calórico a los animales, lo que mostró para ambas épocas, que los ovinos estuvieron sometidos a condiciones de estrés severo.

Es un desafío, según Arias *et al.* 2008, evaluar el efecto de las variables ambientales en el desempeño productivo y comportamiento animal, dado que las estrategias adoptadas por el animal para regular su temperatura conllevan un costo energético que repercute en el desempeño de los animales y la expresión de su potencial genético.

CUADRO 4. CUADRADO MEDIO DE ANAVA PARA LA FRECUENCIA CARDIACA.

FV	gl	CM	Pr>F
Raza	2	11051,29167	<0,0001**
Sexo	1	98,00000	0,6670 ^{NS}
Raza-Sexo	2	1568,29167	0,0618 ^{NS}
Periodo	5	2029,46667	0,0063**
Raza-Periodo	10	2250,45833	0,0401*
Sexo-Periodo	5	429,60000	0,5403 ^{NS}
Raza-Sexo-Periodo	10	654,39167	0,2908 ^{NS}
Error	36	520,80556	

** Diferencia altamente significativa ($P<0,01$); * Diferencia significativa ($P<0,05$); ^{NS} Diferencia no significativa

CUADRO 5. DATOS METEOROLÓGICOS MEDIDOS DURANTE EL EXPERIMENTO.

	EPOCA SECA		EPOCA LLUVIOSA	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Temperatura ambiental (° C)	33,5	40,3	28,1	38,5
Humedad relativa (%)	19,0	55,0	18,0	80,0
Índice ITH calculado	25,0	33,9	21,9	35,8

CONCLUSIONES

- De acuerdo al índice temperatura-humedad calculado, los animales se encontraron bajo condiciones estresantes en las horas estudiadas durante la época seca y lluviosa, lo que provocó una elevación en la frecuencia respiratoria y cardiaca, como mecanismo de termorregulación; sin embargo, la temperatura rectal media de las razas evaluadas se mantuvo dentro del rango normal para la especie.
- La frecuencia respiratoria de los ovinos de razas importadas fue superior a la de los animales Pelibuey y la frecuencia cardiaca fue menor, lo cual sugiere diferencias en los mecanismos utilizados por los animales de las distintas razas para la disipación de calor.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, BE. 1984. Temperature regulation and environmental physiology. *In* Dukes, HH. Physiology of domestic animals. 10 ed. London: Cornell University Press. 922 p.
- Araúz, E. 2009. Importancia del microambiente para el desempeño fisiológico y efectos negativos del estrés calórico sobre la capacidad fisiológica y de producción en los caprinos y ovinos. *In* II Curso iberoamericano sobre producción de ovinos y caprinos en áreas tropicales (19 al 21 de noviembre 2009, Panamá). Memoria. Panamá, PA. p. 111-117.
- Arias, RA; Mader, TL; Escobar, PC. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40:7-22.
- Barbosa, OR; Silva, RG; Sclar, J. 1995. Utilizacao de um índice de confortotérmico em zoneamento bioclimático da ovinocultura. *Rev. Bras. Zootec.* 24(5):661-671.
- Andrade, IS. 2006. Efeito do ambiente e da dieta sobre o comportamento fisiológico e o desempenho de cordeiros em pastejo no semi-arido paraibano. Dissertacao
- (Mestrado em zootecnia sistemas agrossilvipastoris) Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, BR. 86 p.
- Berbigier, P. 1989. Effect of heat on intensive meat production in the tropics: cattle, sheep, goats, pigs. *In* Ciclo internacional de palestras sobre bioclimatología animal, 1.

- 1989, Botucatu, Anais.Jaboticabal: FMVZ/UNESP/FUNEP, p.7-44.
- Bianca, W; Kunz, P. 1978. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. *Livestock Production Science* 5(1):57-69.
- Bores, QRF; Velázquez, PA; Heredia, M. 2002. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Téc Pec Méx* 40:71-79.
- Brown-Brandl, TM; Eigenberg, RA; Hahn, GL; Nienaber, JA; Mader, TL; Parkhurst, AM. 2005. Analyses of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves. *Int. J. Biometeorol* 49:285-296.
- Cardozo, JA; Velásquez, JG; Flores, H; Velásquez, JH; Peña, MA. 2010. Estrés calórico: Efectos en el comportamiento reproductivo y adaptación de los bovinos al trópico (en línea). Consultado 18 oct. 2016. Disponible en www.mvz.unipaz.edu.co.
- Cezar, MF; De Souza, WH; De Souza, BB; Pimenta, EC; De Paula, G; Medeiros, GJ. 2004. Avaliação de parâmetros fisiológicos de ovinos dorper, santa ines e seus mestizos perante condicoes climáticas do trópico semi-arido nordestino. *Cienc. Agrotec. Lavras* 28(3):614-620.
- Gutiérrez, J; Rubio, MS; Méndez, RD. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci* 70:1-5.
- Kelly CF, Bond E, 1971. Bioclimatic factors and their measurement: A guide to environmental research on animals. National Academy of Sciences, Washington, DC. USA.
- Ledezma, JJ. 1987. Sheep. Bioclimatology and the adaptation of livestock. Ed. Elsevier Publ, Amsterdam, p.169-179.
- Macias-Cruz, U; Alvares-Valenzuela, FD; Rodríguez-García, J; Correa-Calderón, A; Torrentera-Oliveira, NG; Molina-Ramírez, L; Avendaño-Reyes, L. 2010. Crecimiento y características de canal de corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.* 42:147-154.

- Marai, IFM; EL-Darawany, AA; Fadiel, A; Abdel-Hafez, MAM. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep- A review. *Small Ruminant Research* 71:1-12.
- Marek, J; Mócsy, J. 1973. Temperatura interna del cuerpo. *In* Tratado de diagnóstico clínico de las enfermedades internas de los animales domésticos. 4 ed. Barcelona:Labor. p. 175-187.
- Mota, LS. 1997. Adaptacao e interacao genotipo-ambiente em vacas leiteiras. Tese - Doutorado. Faculdade de medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. 69 p.
- Quesada, M; Manus, MC; Couto, FA. 2005. Tolerância ao calor de duas raças de ovinos deslanados no Distrito Federal. *Rev. Bras. Zootecn* 30:1021 - 1026
- Saldaña, CI. 2005. Caracterización de los sistemas de producción de pequeños rumiantes en Panamá. *In* Los sistemas de producción de pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos en Iberoamérica. Ed. CYTED, MX. p. 204-209.
- Santos, CL; Pérez, JRO; Siquiera, ER; Muniz, JA; Bonagúrio, S. 2001. Crescimento alométrico dos tecidos ósseo, muscular e adiposo na carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia. *Rev Bras Zootecn*, 30: 493-498.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci* 67:1-18.
- Souza, BB; Silva, AM; Virginio, RS; Guedes Júnior, DB; Amorim, FU. 1990. Comportamento fisiológico de ovinos deslanados no semiárido expostos em ambiente sol e em ambiente sombra. *Veterinária e Zootecnia* 2:1-8.
- Souza, BB. 2007. Adaptabilidade e bem-estar em animais de produção (em línea). Consultado 18 oct. 2016. Disponible en www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Adaptabilidade/index.htm
- Terrill, CE. 1973. Adaptación de los borregos y de las cabras. *In* Hafez, ESE. Adaptación de los animales domésticos. Barcelona: Editorial Labor. Cap. 18, p. 334-355.

Terrill, CE; Slee, J. 1991. Breed differences in adaptation of sheep. *In* Maijala, K. Genetic resources of pigs, sheep and goat. Amsterdam: Elsevier. p.195-233.

Veríssimo, CJ. 2009. Tolerância ao calor em ovelhas lanadas e deslanadas (en línea), em Nova Odessa, Estado de São Paulo. emHypertexto. Consultado 24 oct. 2011. Disponível en http://www.infobibos.com/Artigos/2009_3/Ovinos/index.htm

DOSIS DE ZEOLITA Y FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS PARA CULTIVOS DE PLÁTANO Y CAÑA DE AZÚCAR¹

Miguel Soca-Núñez²; José Ezequiel Villarreal-Núñez³

RESUMEN

La aplicación de zeolita natural en la agricultura es una práctica que ha tomado auge en los últimos veinte años, por lo que es necesario realizar seguimiento a los suelos donde es aplicada. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tamaños de partículas en macetas sobre las pérdidas de amonio por volatilización y la dosis de zeolita en los cultivos de plátano, caña de azúcar, así como las propiedades químicas de los suelos. Durante los años 2010-2012 se condujeron en casa de vegetación con techo de cristal, se utilizaron macetas de 1,6 kg de capacidad como unidad experimental, utilizando un diseño completamente aleatorizado, se evaluaron cinco tamaños de partícula de zeolita (< 0,25 mm, 0,25-0,50; 0,50-1,00; 1,00-2,00 y 2,00-3,00) y las pérdidas de amonio por volatilización, así como dosis de zeolita en campo (0; 12,5; 25,50 y 75% mezclada con fertilizantes). Cada tratamiento contó con cuatro réplicas y se utilizaron dos variedades de plátano y caña de azúcar. Los suelos considerados fueron alítico, pardo grisáceo, pardo con carbonatos y húmicos sialíticos por ser los más representativos con vocación agrícola. Los tamaños de partícula entre 1,00 y 3,00 mm obtuvieron los mejores resultados en cuanto a las condiciones químicas de los suelos. Las mayores dosis de aplicación de zeolita lograron incrementar el contenido de bases intercambiables en el suelo, así como el rendimiento y la concentración de nutrientes.

PALABRAS CLAVES: Clinoptilolita, suelos pardos, enmienda de suelos, tamaño de partículas, propiedades químicas.

¹Recepción: 11 de agosto de 2016. Aceptación: 18 de octubre de 2016. Proyecto: Empleo de la zeolita en el sector agropecuario, Instituto de Suelos de La Habana

²Ph.D. en Edafología. Dirección de Suelos-Ministerio de Agricultura-MINAG, Cuba. e-mail: programas@minag.cu

³Ph.D. en Edafología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC). e-mail: jevilla38@gmail.com

ZEOLITE DOSE AND GRANULOMETRIC FRACTIONS TO BANANA AND SUGAR CANE CROPS

ABSTRACT

The application of natural zeolite in the agriculture is a practice that has taken peak in the last twenty years, for what is necessary to carry out pursuit to the soil where it is applied. This work had as objective to evaluate the effect of different sizes of particles in gavels and lost by volatilization of ammonia and the zeolite doses in the banana cultivations, cane of sugar and chemical properties of the soil. During the years 2010 -2012 behaved at home of glass experiments in which gavels of 1,6 kg of capacity like experimental unit were used and using a totally randomized design, five sizes of zeolite particle were evaluated (< 0,25 mm, 0,25-0,50; 0,50-1,00; 1,00.-2,00 and 2,00-3,00) and lost by volatilization of ammonia, as well as zeolite dose in field of (0; 12,5; 25; 50 and 75% blended with the fertilizers). Each treatment had four replicas and two banana varieties and cane of sugar were used. The considered soils were Alitic, Brown grizzly, Brown with carbonates and humic sialitics to be the most representative with agricultural vocation. The particle sizes between 1,00 and 3,00 mm obtained the best results when improving the chemical conditions of the floors. The biggest doses of zeolite application were able to increase the content of interchangeable bases in the soil well as the yield and the concentration to soil of nutritious of the cultivations.

KEY WORDS: Clinoptilolite, brown soils, soils amendment, size of particle, chemical properties.

INTRODUCCIÓN

Los suelos Pardos en Cuba (Inceptisoles y Mollisoles) ocupan una superficie de 2 526 000 millones de hectáreas siendo los más extensos e importantes para la economía del país donde son utilizados en diferentes tipos de cultivos. Dentro de las limitaciones de su uso se encuentran la presencia de zonas erosionadas y su baja profundidad efectiva. Para incrementar la producción en estos suelos, se vienen usando diferentes tipos de enmiendas como las zeolitas que mejoran sus propiedades

y contribuyen a la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios.

Las zeolitas son enmiendas que mejoran las propiedades químicas de los suelos y son efectivas para incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona de las raíces y disminuir las aplicaciones de fertilizantes, reduciendo las pérdidas por volatilización y lixiviación de los mismos (Gholamhoseini *et al.* 2013).

Las zeolitas son aluminosilicatos cristalinos y porosos que les permite el intercambio iónico sin cambiar su estructura atómica (López *et al.* 2010). De acuerdo con Jha *et al.* (2009), las zeolitas son apropiadas para retener iones como el amonio (NH_4^+) y retrasar el proceso de nitrificación, reduciendo la lixiviación de amonios y nitratos hacia aguas subterráneas gracias a su alta CIC del orden de 120 a 200 $\text{cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$. Inclusive investigadores como Zwingmann *et al.* (2009), han reportado que las zeolitas tratadas pueden incrementar hasta once veces la capacidad de retención de amonio, pudiéndolas clasificar como fertilizantes de liberación lenta.

Otros beneficios de su aplicación han sido reportados como: mejorar la capacidad de retención de humedad de la capa arable, facilitar el movimiento del agua en el perfil y reducir la densidad aparente del suelo, lográndose un incremento de producción en la cosecha de los cultivos, y sobre todo, reduciendo el impacto ecológico (Colombani *et al.* 2014).

La zeolita no actúa como fertilizante sino como enmienda que permite incrementar la eficiencia de los fertilizantes, permitiendo una disponibilidad controlada de los cationes que son utilizados por las plantas en su nutrición (Costafreda 2014).

Sin embargo, estudios recientes como los realizados por Colombani *et al.* (2015), muestran el potencial de uso de las zeolitas junto al estiércol de cerdo como abonos de liberación lenta, minimizando la lixiviación de nutrientes. Sin embargo, al igual que otras enmiendas como las cales agrícolas, la eficiencia de desempeño puede estar determinada por el tamaño de su partícula y por la dosis empleada.

El potasio (K) es de vital importancia para la correcta nutrición del plátano durante su desarrollo (López y Espinoza 2000) y su deficiencia presenta síntomas más evidentes antes de la floración. El plátano y el cultivo de la caña de azúcar tienen una elevada capacidad para extraer nutrientes del suelo, por lo cual, las características químicas de este son muy importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo, al igual que el manejo de la fertilización del cultivo, el cual requiere de elementos químicos imprescindibles para su crecimiento y producción denominados elementos esenciales.

La clinoptilolita, extraída de varios yacimientos, se ha empleado para ayudar a retener en el suelo los cationes por periodos mayores de tiempo. Según Casals (1988), su adición a los suelos aumenta el rendimiento, la retención de humedad, evita enfermedades propias

de las raíces de las plantas y sirve como fuente de macro-componentes.

El plátano es una de las mayores fuentes de ingreso de los países en vías de desarrollo, además de su importancia en la seguridad alimentaria de la región. La producción del plátano y la caña de azúcar puede verse afectada por las carencias nutricionales de los suelos, principalmente del nitrógeno y el potasio.

La utilización de la zeolita en la caña de azúcar surge a partir de los trabajos realizados por Ortiz *et al.* (1998) los cuales utilizaron este mineral como potenciador de los fertilizantes químicos, ya que permite reducir sus pérdidas por lavado y desnitrificación.

El ensayo de estos dos cultivos con zeolita, se convierte en una inversión que asegura la sustentabilidad de la actividad de los mismos, debido a que disminuye el costo de fertilización e incrementa su productividad.

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fracciones granulométricas de zeolita sobre las pérdidas de amonio por volatilización, así como la dosis porcentual de zeolita mezclada con los fertilizantes químicos para los cultivos de plátano y caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2010 y 2012 se llevaron a cabo experimentos en casa de vegetación con techo de cristal, ubicados en el Instituto de Suelos de La Habana, utilizando diseños completamente aleatorizados con cuatro repeticiones donde se aplicaron zeolitas con diferentes granulometrías a varios suelos. Cada unidad experimental consistió de una maceta con capacidad de 1,6 kg en la cual fue sembrada una planta indicadora de Grama Rhodes (*Chlorys gallane* cv. Pioner). Esta planta fue sometida a cortes cada 15 días.

Se evaluó el pH, el contenido de bases intercambiables, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE, determinada por la suma de bases intercambiables) del suelo medidos a los 45 días después de la siembra. También se determinó las pérdidas de nitrógeno por volatilización utilizando la metodología descrita por Lara *et al.* (1997). Esta consiste en un colector tipo semiabierto-estático, al interior del cual se instalan dos discos de espumas de poliuretano impregnadas con solución 0,5 N de H_2SO_4 y glicerina al 3%. La espuma inferior ubicada a 20 cm desde la superficie, tenía como objetivo capturar el amoníaco de los tratamientos, en tanto que la espuma superior, localizada a 35 cm, cumplió la

función de adsorber el compuesto que alcanza a ingresar desde la atmósfera.

La enmienda zeolítica empleada provino de la mina de Tasajera, ubicada en la provincia de Villa Clara-Cuba, a la cual, en colaboración con el Centro de Investigaciones y Proyectos para la Industria Minero-Metalúrgica (CIPIMM), se le realizó la caracterización del contenido mineral, empleando métodos de difracción de rayos X y análisis químicos y mineralógicos. Esta zeolita tuvo una composición de 85% de clinoptilolita + Heulantita, 5-10% de Modernita y 5-10% de otros componentes (Cuadro 1).

Los experimentos de plátano se realizaron bajo un diseño de bloque al azar donde se estudiaron cinco tratamientos (0; 12,5; 25; 50 y 75% de zeolita) y cuatro replicas en suelo inceptisol.

El área experimental estuvo conformada por 45 plantas, de las cuales 25 corresponden a la unidad experimental, ubicados en la finca Celia María.

Una vez finalizada la fase de emisión foliar, en época de parición, se procedió a cosechar 25 plantas por tratamiento a los 140 días después de la floración y de 25 racimos de los cuales se tomaron las frutas que se separaron en cáscara y pulpa que fueron llevadas al laboratorio para su análisis. Se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes mezclados con zeolita en las siguientes etapas: Fase 1 hoja 5; fase 2, después de la floración y fase 3 cercano al belloteo.

Se efectuaron tres aplicaciones de fertilizantes con dosis de 100, 50 y 200 kg/ha/año utilizando Urea (46 %), SFT (46%) y KCl (60%), respectivamente.

El estudio de la zeolita en la caña de azúcar se realizó en el Ingenio Progreso de Cuba.

Para dar inicio a la campaña de fertilización en las nuevas áreas de siembra se mezclaron 240 t de la fórmula 24-05-22 con 25% de zeolita. Esta mezcla se guardó dentro del almacén de fertilizantes del ingenio durante 85 días.

CUADRO 1. ANÁLISIS QUÍMICO Y COMPOSICIÓN CATIÓNICA DE LA ZEOLITA EMPLEADA.

Mina	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	N ₂ O	K ₂ O	F ₂ O ₃	PPI	CICT	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺
	%								cmol ₍₊₎ kg ⁻¹				
Tasajera	66,0	10,1	0,4	2,9	2,9	0,8	1,8	15	138	92	4	9	34

PPI=Perdidas por ignición de gases.

CICT: Capacidad de intercambio catiónico total.

Inicialmente, a esta mezcla se le midió compactación, friabilidad y resistencia mecánica de los terrones formados, según metodología de Fernández *et al.* (2006). Las pruebas agronómicas se efectuaron en 58 parcelas de producción de una hectárea de extensión cada una, en cuatro tipos de suelos (tratamientos del experimento) los cuales son representativos del 96% de la superficie del ingenio.

En total se realizaron 240 mediciones de altura y grosor medio del tallo. La evaluación estadística se efectuó utilizando software libre, empleando el test de Tukey como prueba de comparación de medias para una $P < 0,05$.

Los análisis químicos de suelos se realizaron según la norma NRAG 879.88 (1996) del Instituto de Suelos y los análisis foliares por la norma Ramal NRAG/CNTN-O5 (2010).

El análisis estadístico de los datos consistió en la verificación de su distribución normal a través de la prueba de Shapiro Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Se realizaron análisis de varianza y la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre tratamientos. En los experimentos de los cultivos se empleó la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Efecto de la granulometría de la zeolita sobre las propiedades del suelo y en la volatilización del nitrógeno.

No hubo diferencia significativa por efecto del tamaño de la fracción granulométrica de la zeolita utilizada sobre la CICE del suelo Inceptisol. La fracción menor de 0,25 mm fue la que presentó los mejores resultados sobre las propiedades químicas del suelo (Cuadro 2).

Los valores de pH estuvieron entre 4,35 y 5,38 con diferencias significativas entre tratamientos. El pH obtenido en el tratamiento con el mayor tamaño de partícula evaluado no presentó diferencias significativas con el testigo, pero si fue más ácido que los observados con los demás tamaños de partícula. Los valores de pH estuvieron por encima de 5,30 para los diferentes tamaños de partícula favoreciendo las condiciones de acidez para el desarrollo de las plantas.

Los contenidos de calcio intercambiable estuvieron en niveles medios en donde la mayor fracción evaluada obtuvo el menor contenido sin diferencias significativas con el testigo. El mayor contenido se presentó para el tamaño de partícula entre 0,05 mm y 1,00 mm pero sin diferencias con los otros tamaños evaluados. Las concentraciones

CUADRO 2. EVALUACIÓN DE FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS DE ZEOLITA SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO INCEPTISOL.

racciones en mm	pH KCl	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CICE	CIC
		cmol ₍₊₎ kg ⁻¹					
Testigo	4,35b	7,28c	1,19b	0,20d	0,14b	8,81b	9,58c
<0,25	5,35a	8,75a	1,32a	0,32ab	0,19a	10,38a	12,32ab
0,25-0,50	5,30a	8,50abc	1,23b	0,34a	0,21a	10,20a	12,72ab
0,50-1,00	5,30a	8,80a	1,27ab	0,31b	0,20a	10,69a	12,68a
1,00-2,00	5,38a	8,65ab	1,29b	0,28c	0,15b	10,29a	12,62b
2,00-3,00	5,35a	8,45abc	1,23b	0,15c	0,10c	10,09a	11,13cd
3,00-5,00	4,43b	8,23bc	1,20b	0,19d	0,11c	10,09a	10,55cd
Esx	0,05	0,16	0,03	0,01	0,01	0,18	0,20
CV (%)	2,01	3,92	4,17	8,50	13,43	3,61	3,32

CICE= capacidad de Intercambio catiónico efectiva. CIC= Capacidad de Intercambio catiónico determinada con acetato de amonio a pH 7,0. Esx= desviación estándar. CV = Coeficiente de variación. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos a un nivel de confianza del 95% realizada mediante prueba de Tukey.

de Mg⁺² estuvieron entre bajas y medias de acuerdo con Fernández *et al.* (2006), donde las menores concentraciones correspondieron al testigo y a tamaños de partícula 0,25-0,50; 1,00-2,00; 2,00-3,00 y 3,00-5,00 mm sin diferencias estadísticas entre ellos. Las mejores concentraciones fueron obtenidas por los tamaños de partícula < 0,25 mm sin diferencias significativas con el tamaño 0,50-1,00 mm.

Los menores valores de sodio intercambiable fueron encontrados en los tamaños de partícula entre 1,00 y 3,00 mm mientras que los tamaños menores a 1,00 mm fueron los que retuvieron

mayor cantidad de sodio, lo que no es conveniente para las condiciones físicas del suelo puesto que este elemento favorece la dispersión de arcillas. De igual manera, las partículas menores a 1,00 mm fueron los que retuvieron mayor nivel de potasio intercambiable, encontrándose una relación inversa entre tamaño de partícula y capacidad de retención de bases intercambiables.

Los mejores resultados, se obtuvieron utilizando tamaño de partículas comprendidas entre 0,25-3,00 mm con una marcada influencia en las fracciones de 1,00-2,00 mm. Para los cationes monovalentes existe una

tendencia a incrementarse con el tamaño de partículas, sin embargo, los valores de estos cationes se mantuvieron bajos.

La CICE encontrada estuvo alrededor de los $10 \text{ cmol}_{(+)} \text{kg}^{-1}$ sin diferencias significativas entre tamaños de partícula, aumentando en alrededor de un 12% dicha capacidad en comparación con el testigo. La mayor CIC determinada en laboratorio fue para los tamaños de partícula menores a 1,00 mm, mientras que la encontrada a tamaños mayores de partícula fueron similares a la que presentaba el testigo. La diferencia encontrada entre la CICE y la CIC indica la presencia de carga variable, es decir, muestra la capacidad que tienen estos suelos de retener cationes y aniones lo cual dependería de los valores de pH.

La aplicación de zeolita con tamaño de partícula mayor a 1,00 mm, redujo significativamente las pérdidas por volatilización de nitrógeno amoniacal a la atmósfera, como se observa en el Cuadro 3. La zeolita ejerce su mayor efecto en el suelo en presencia del fertilizante nitrogenado, cuando las partículas de ambos materiales, están en contacto cercano y tienen cierta similitud granulométrica (Malekian *et al.* 2011).

El testigo fue el que presentó la mayor pérdida de NH_3 mientras que a mayor tamaño de partícula de la zeolita, menor es la pérdida de N a la atmósfera. La aplicación de zeolita con tamaños de partícula entre 3,00 y 5,00 mm redujo hasta en un 57% la pérdida de nitrógeno a la atmósfera en comparación con el testigo (Cuadro 3).

CUADRO 3. EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DE ZEOLITA EN LAS PÉRDIDAS POR VOLATILIZACIÓN DEL N-NH_3 EN SUELOS INCEPTISOLES.

Tamaño de partícula de zeolita (mm)	$\text{mg-NH}_3 \cdot \text{cm}^{-2}$ a los 45 días
Testigo	371,0 a
< 1,00	344,0 a
1,00-2,00	290,0 b
2,00-3,00	280,0 b
3,00-5,00	160,0 c
ESx	2,40

a, b, c Valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre sí (Tukey $P < 0,05$).

Espécie *et al.* (2015) encontraron que el uso de zeolita cubana (40%) aplicada en combinación con urea en forma de pellets, redujo en un 33% la volatilización del amoníaco al ser medido directamente de soluciones acuosas. Es posible que la zeolita también haya contribuido a la volatilización de otras formas químicas de nitrógeno como el óxido nitroso (N_2O) tal como lo reportaron Zaman y Nguyen (2010), quienes consiguieron reducir en 11% su emisión cuando fue aplicada junto a orina de vaca en campos demostrativos con trébol blanco.

Las variables de desarrollo presentaron diferencias significativas. El tratamiento de NPK + 25% de zeolita mostró una tendencia de aumentar la altura y grosor del seudotallo (Cuadro 4).

Experimento 2. Determinación de dosis de zeolita natural mezclada con fertilizantes en dos variedades de plátano.

Los valores de siembra-floración, floración-cosecha y siembra-cosecha no mostraron diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, se observa

CUADRO 4. IMPACTO DE LA ZEOLITA + NPK SOBRE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DEL PLÁTANO.

Tratamientos	Altura (m)	Perímetro Seudotallo (cm)	Número hojas en floración
DOMINICO			
100-50-200	3,40 b	60 b	10
NPK+12,5%	3,45 b	63 b	11
NPK+25%	3,95 a	69 a	11
NPK+50%	3,47 b	64 b	10
NPK+75%	3,39 b	60 b	10
Esx	0,051	1,052	0,183 ns
DOMINICO-HARTON			
100-50-200	3,38 b	55 b	12
NPK+12,5%	3,40 b	61 a	11
NPK+25%	3,58 a	64 a	12
NPK+50%	3,56 a	54 b	12
NPK+75%	3,40 b	53 b	11
Esx	0,067	1,482	0,208 ns

a, b, c Valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre sí (Tukey $P < 0,05$).

una tendencia en el tratamiento NPK + 25% de acortar el tiempo hasta cosecha (Cuadro 5).

Las variables de producción analizadas presentaron diferencias significativas para ambas variedades, destacándose el tratamiento de NPK + 25% de zeolita, que supera al testigo entre 3 y 5 kg/racimo, lo cual evidencia que la acción de la zeolita a través de la fertilización, es independiente de las exigencias de las variedades estudiadas (Cuadro 6).

Los tratamientos con porcentajes muy altos de zeolita en la fórmula del fertilizante, disminuyeron los parámetros de calidad (Cuadro 7).

En el análisis de suelo al finalizar la cosecha, los aportes de calcio y magnesio del mineral mejoraron los contenidos de estos en el suelo, lo que permitió incrementar el pH (Cuadro 8).

CUADRO 5. IMPACTO DE LA ZEOLITA + NPK SOBRE LOS PARÁMETROS DE DESARROLLO DEL PLÁTANO.

Tratamientos	Siembra-floración (meses)	Floración-cosecha (meses)	Siembra-cosecha (Meses)
DOMINICO			
100-50-200	9,0	3,5	12,5
NPK+12,5%	9,0	3,5	12,5
NPK+25%	9,0	3,0	12,0
NPK+50%	9,5	3,5	13,0
NPK+75%	9,7	3,5	13,2
Esx	0,794 ns	0,035 ns	0,167 ns
DOMINICO-HARTON			
100-50-200	7,5	3,3	10,8
NPK+12,5%	8,0	3,5	11,5
NPK+25%	8,0	3,0	11,0
NPK+50%	7,5	4	11,5
NPK+75%	7,0	4,5	11,5
Esx	2,052 ns	0,152 ns	0,372 ns

a, b, c, Valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre sí (Tukey $P \leq 0,05$).

CUADRO 6. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DEL PLÁTANO.

Tratamientos	N° dedos	N° manos	Peso racimo(kg)
DOMINICO			
100-50-200	105	8	17 b
NPK+12,5%	105	9	18,9 b
NPK+25%	108	9	22 a
NPK+50%	105	8	17 b
NPK+75%	104	8	16 b
Esx	1,230 ns	0,974 ns	1,875
DOMINICO-HARTON			
100-50-200	30	5	13 b
NPK+12,5%	30	6	13,5 b
NPK+25%	32	6	16 a
NPK+50%	30	6	13 b
NPK+75%	27	5	12,9
Esx	1,274 ns	0,942 ns	1,9

a, b, c, Valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre sí (Tukey $P \leq 5\%$.)**CUADRO 7. IMPACTO DE LA ZEOLITA SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL PLÁTANO.**

Tratamientos	Peso (g)	Perímetro (cm)	Longitud (cm)
DOMINICO			
100-50-200	200 c	15 b	19
NPK+12.5%	215 c	17 a	19
NPK+25%	225 a	18 a	21
NPK+50%	223 a	15 b	20
NPK+75%	198 c	14 b	18
Esx	11,49	0,279	0,739 ns
DOMINICO-HARTON			
100-50-200	260 b	15 b	20 b
NPK+12.5%	264 a	16 a	22 a
NPK+25%	265 a	17 a	23 a
NPK+50%	260 b	15 b	20 b
NPK+75%	255 c	14 b	17 c
Esx	14,01	1,03	0,365

a, b, c, Valores con letras iguales en una misma columna no difieren entre sí (Tukey $P \leq 5\%$.)

Experimento 3. Determinación de dosis de zeolita en el cultivo de la caña de azúcar.

Los resultados de las pruebas de almacenamiento corroboran una vez más que la inclusión de la zeolita en las formulaciones de Fertilizantes Químicos NPK, reduce considerablemente la compactación de estos y los pequeños terrones que se forman, son más fáciles de disgregar dado que presentan menor resistencia mecánica a la ruptura (Cuadro 9).

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas en el rendimiento de campo y los contenidos del polisacáridos en caña, por lo tanto, la reducción NPK provocada por la dilución de la inclusión de la zeolita no afectó estos parámetros independiente de la zona edafoclimática de estudio, sin embargo, el rendimiento en campo se incrementó en un rango de 5 a 13 t.ha⁻¹, correspondiendo el mayor incremento a la zona de transición, lo que puede estar relacionada con el mejoramiento de la fertilidad de los suelos y, principalmente, en el contenido de fósforo y potasio (Cuadro 10).

CUADRO 8. IMPACTO DE LA ZEOLITA SOBRE LOS ÍNDICES DEL SUELO.

Tratamientos	%		-----cm ₍₊₎ kg ⁻¹ -----				
	pH (KCl)	MO	Ca	Mg	K	Na	CIC
DOMINICO							
Inicial	6,0	3,0	4,49	1,20	0,50	0,09	6,90
100-50-200	6,3	3,1	4,50	1,23	0,55	0,10	7,00
NPK+12,5%	6,4	3,0	4,70	1,25	0,73	0,11	7,41
NPK+25%	6,5	3,1	4,71	1,22	0,83	0,10	7,48
NPK+50%	6,7	3,1	4,75	1,20	0,84	0,12	7,53
NPK+75%	6,8	3,0	4,80	1,29	0,85	0,12	7,68
DOMINICO-HARTON							
100-50-200	6,2	2,8	4,00	1,10	0,48	0,10	6,5
NPK+12,5%	6,3	3,0	4,10	1,20	0,50	0,11	6,9
NPK+25%	6,4	3,1	4,60	1,23	0,70	0,10	7,5
NPK+50%	6,5	3,2	4,70	1,25	0,75	0,12	7,8
NPK+75%	6,6	3,3	4,85	1,26	0,80	0,13	7,8

CUADRO 9. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE ALMACENAMIENTO DE FERTILIZANTES.

Tratamientos	Almacenamiento (Días)	Fluidez (%)	Reducción compactación (%)
Primer muestreo			
Testigo (24-05-24)	15	97,80	---
24-05-24+25% Zeolita	15	99,28	45,89
Último muestreo			
Testigo	85	71,09	---
24-05-24+25% Zeolita	85	85,87	50,39

CUADRO 10. RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL CAÑA PLANTA.

Tratamientos	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Altura (cm)	Grosor (cm)	Polisacáridos (t.ha ⁻¹)
Suelo Agrisol (zona seca)				
NPK 25-05-24	82,00	226,80	7,80	17,05
NPK+Zeolita	90,60	239,20	7,90	19,17
Esx	9,83	29,87	1,22	--
Suelo Luvisol (zona de transición)				
NPK 25-05-24	104,60	234	8,24	19,02
NPK+Zeolita	115,20	235	9,24	20,93
Esx	13,38	14,94	1,13	--
Suelo Phaeozems (zona húmeda)				
NPK 25-05-24	108,8	257	8,62	21,06
NPK+Zeolita	113,2	258	8,83	24,65
Esx	11,36	14,35	0,51	--

El análisis del impacto de la zeolita entre diferentes suelos mostró diferencias significativas a favor de los tratamientos con zeolita en los suelos Luvisol, Phaeozems y Acrisol (Cuadro 11).

Debe señalarse que las necesidades de la caña según Humbert (1997) son de 125, 75 y 270 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, por cada 100 t de rendimiento esperado.

CUADRO 11. VALORACIÓN AGROQUÍMICA DEL IMPACTO DE LA ZEOLITA ENTRE DIFERENTES TIPOS DE SUELOS.

Tratamientos	pH KCl	MO (%)	NT (%)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)
Suelo Agrisol					
Inicial	4,60	3,96	0,140	56,10	72,80
NPK	3,84	3,12	0,118	76,48	157,98 a
NPK + Zeolita	4,09	3,46	0,132	86,12	182,74
Esx	0,354	0,83	0,041	10,12	12,32
Suelo Luvisol					
Inicial	4,65	4,04	0,30	61,93	123,00
NPK	4,64	4,16 a	0,38	78,00 a	68,57 a
NPK + Zeolita	4,67	4,44 b	0,75	100,00 b	81,90 b
Esx	0,105	0,227	0,18	15,22	7,127
Suelo Phaeozems					
Inicial	4,65	5,04	0,29	61,93	46,00
NPK	4,70	5,19 a	0,30	92,82	150,00 a
NPK + Zeolita	4,79	5,29 b	0,31	94,10	180,00 b
Esx	0,09	0,368	0,07	4,89	13,00

MO - materia orgánica

NT - Nitrógeno total

CONCLUSIONES

- La aplicación de zeolita incrementó los valores de pH y los contenidos de bases intercambiables en los suelos. El tamaño de partícula entre 1,00 mm y 3,00 mm fue el que obtuvo los mejores resultados al incrementar en mayor medida el pH y los contenidos de Ca⁺², Mg⁺² y K⁺ y presentar menor retención de Na⁺.
- De los niveles investigados resultó para las variedades estudiadas la inclusión del 25% de zeolita la mejor

opción con diferencias significativas al analizar las variables independientes de crecimiento y parámetros productivos.

- La inclusión de la zeolita en la fórmula de los fertilizantes químicos de la Caña de Azúcar en un 25% reduce en un 10% el costo de elaboración de mezclas de NPK y reduce en 50% la compactación de la mezcla, permitiendo su almacenamiento por períodos prolongados sin afectar las propiedades físico-mecánicas.

- Los suelos tratados con fertilizantes que incluyen zeolita, se encuentran mejor abastecidos de fósforo y potasio con una disminución de su acidez y el rendimiento fue superior al testigo en un rango de 5% a 13%, con igual tendencia en el índice azucarero.

Ingenieros de Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid. Editorial Fundación Gómez Pardo: Madrid. 26 p. Consultado 6 mayo 2015. Disponible en http://oa.upm.es/32548/1/Tectosilicatos_Costafreda.pdf

BIBLIOGRAFÍA

Casals, C. 1988. Las zeolitas minerales del siglo XX, usos y aplicaciones (en línea). Consultado 27 jul. 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/las-zeolitas/las-zeolitas.pdf>

Colombani, N; Mastrocicco, M; Di Giuseppe, D; Faccini, B; Coltorti, M. 2015. Batch and column experiments on nutrient leaching in soils amended with Italian natural zeolitites. *Catena* 127:64 - 71.

Colombani, N; Mastrocicco, M; Di Giuseppe, D; Faccini, B; Coltorti, M. 2014. Variation of the hydraulic properties and solute transport mechanisms in a silty-clay soil amended with natural zeolites. *Catena* 123:195 – 204.

Costafreda, JL. 2014. Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales (en línea). Escuela Técnica Superior de

Espécie, SC; Baptista, M; Gómes, PS; Polidoro, JC; Lopes, S; Silva, M; Vargas, H; Mota, L; Gomes, L. 2015. Cuban zeolite as ammonium carrier in urea-based fertilizer pellets: Photoacoustic-based sensor for monitoring N-ammonia losses by volatilization in aqueous solutions. *Sensors and actuators B: chemical* 212:35 - 40.

Fernández, L; Rojas, N; Roldán, T; Ramírez, M; Zegarra, H; Uribe, R; Reyes, R; Flores, D; Arce, J. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. Editorial del Deporte Mexicano: México D.F. 182 p.

Gholamhoseini, M; Ghalavand, A; Khodaei-Joghan, A; Dolatabadian, A; Zakikhani, H; Farmanbar, E. 2013. Zeolite-amended cattle

- manure effects on sunflower yield, seed quality, water use efficiency and nutrient leaching. *Soil Tillage Res.* 126:193 - 202.
- Humbert, S. 1997. Referencia de México Nutrientes en Caña. Edit. Grop. Tercera edición. 440 p.
- Jha, VK; Hayashi, S; Hazard, J. 2009. Modification on natural clinoptilolite zeolite for its NH_4^+ retention capacity. *Mater*, 169(1-3):29 - 35.
- Lara C, WAR; Trivelin, PCO. 1997. Eficiencia de un colector semiabierto estático no cuantificado de N-NH_3 volatilizado da urea aplicado a un suelo. *Revista brasileira de ciencia do solo* 14:481 - 487.
- López, M; Hernández, M; Barahona, C; Martínez, M; Portillo, R; Rojas, F. 2010. Propiedades fisicoquímicas de la clinoptilolita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Terra Latinoamericana* 28:1 - 8.
- López, A; Espinosa, J. 2000. Manual sobre nutrición y fertilización de banano. Potash & Phosphate Institute & Corporación Bananera Nacional. CR.
- Malekian, R; Koupai, A; Eslamian, Y. 2011. Influences of clinoptilolite and factant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *Mater* 185. p. 970 - 976.
- NRAG 879.88 (Norma Ramal de Análisis Químicos de Suelo). 1996. Instituto de Suelos. CU.
- NRAG/CNTN-O5 (Norma Ramal de análisis foliares). 2010. Instituto de Suelos. CU.
- Ortiz, P; De La Fe, C; Lara, D. 1998. Aportes a la tecnología del cultivo de caña de azúcar en Cuba. I. Sustratos más eficientes para la adaptación de plantas. *Cultivos tropicales* 19(2):45 - 53.
- Zaman, M; Nguyen, ML. 2010. Effect of lime or zeolite on N_2O and N_2 emissions from a pastoral soil treated with urine or nitrate-N fertilizer under field conditions. *Agriculture, ecosystems and environment* 136:254 - 261.
- Zwingmann, N; Singh, B; Mackinnon, I; Gilkes, R. 2009. Zeolite from alkali modified kaolin increases NH_4^+ retention by sandy soil: Column experiments. *Applied Clay Science* 46:7 - 12.

EXTRACCIÓN ARTESANAL DE ACEITE DE TRUPA (*Oenocarpus bataua*, MART.) EN PANAMÁ¹

Rodolfo Morales-Muñoz²

RESUMEN

El aceite de los frutos de la palmera de trupa *Oenocarpus bataua*, Mart., es muy apetecido por su sabor y aroma entre los habitantes de la provincia del Darién en Panamá. Se afirma que su contenido de ácido oleico es similar al del aceite de oliva. El método de cosecha de sus frutos basado en la tala de la palmera trae como consecuencia que cada vez sea más difícil adquirir el producto por estar más distante dentro de la selva. Con el propósito de mejorar el proceso de extracción acuosa y artesanal del aceite de trupa, se procesaron muestras de sus frutos. En una primera etapa se hizo un diagnóstico de la forma artesanal con que se extrae el aceite. En una segunda etapa se ensayó la extracción del aceite a pH 5,3 y a pH 9,0 utilizando una relación en peso de fruto/agua de 5/7. Se realizó una caracterización química del aceite obtenido. Se encontró que las muestras tenían un 66% de frutos con las características físicas reportadas en la literatura. Estos frutos tuvieron un rendimiento de 20 ml de aceite/kg de fruto fresco. El análisis de los principales ácidos grasos de su aceite mostró un contenido de 23,6% de ácido palmítico, 32,1% de ácido oleico y 3,76% de ácido linoléico. El contenido de ácido oleico no corresponde a lo reportado en la literatura. Se debe repetir el análisis de la composición de los ácidos grasos de este aceite y particularmente determinar el contenido de Δ^5 -avenasterol que es considerado un marcador de su autenticidad.

PALABRAS CLAVES: Ácido oleico, extracción acuosa, caracterización química, rendimiento de aceite, características del fruto.

¹Recepción: 16 de noviembre de 2016. Aceptación: 10 de diciembre de 2016. Proyecto financiado por SENACYT.

²M.Sc. en Industrias Agrícolas y Alimentarias. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Central (CIAC).
e-mail:rodolfommz@yahoo.com

CRAFT EXTRACTION OF PATAUA OIL (*Oenocarpus bataua*, MART.) IN PANAMA

ABSTRACT

The bataua oil (*Oenocarpus bataua*, Mart.), is very appreciated for its flavor and aroma among the people of Darien in Panama. Its oleic acid content is similar to that of olive oil. The harvesting of bataua fruits consist in cutting down the palm tree. This practice has some consequences such as depletion of the product that become more distant within the forest. In a first step we have done a diagnosis of craft aqueous extraction process. In a second steps we have done almost the same process but with some little changes. The extraction of the oil was done at pH 5,3 and pH 9,0. The fruit / water weight ratio was 5/7. The sample of bataua fruits showed that only 66% of fruits have physical characteristics as reported in the literature. These fruits had a best yield of 20 ml of oil per kilogram of fresh fruit at pH 5,3. The content of fatty acid was 23,6% of palmitic acid, 32,1% of oleic acid and 3,76% of linoleic acid. The content of oleic acid does not correspond to that mentioned in the literature. The analysis of the fatty acid composition of this oil should be repeated and the content of Δ^5 -avenasterol, which is considered a marker of its authenticity, should be determined.

KEY WORDS: Oleic acid, aqueous extraction, chemical characterization, oil yield, fruit characteristics.

INTRODUCCIÓN

La palmera de trupa (*Oenocarpus bataua*, Mart.), se encuentra distribuida desde Bolivia en el Sur hasta Panamá en el Norte y desde Belén (Brasil) en el Este hasta el Chocó (Colombia) en el Oeste (Balick 1993). Se desarrolla mejor en altitudes por debajo de los 900 msnm, en suelos ricos en materia orgánica. Es una palmera alta con tallo de 12 m a 25 m y un ancho a la altura del pecho de 15 cm a 25 cm (Díaz y Ávila 2002). Las inflorescencias alcanzan su madurez durante el año. Los frutos tienen de 2,5 cm a 3,5 cm de largo y de 2,0 cm a 2,5 cm

de diámetro y son de color violeta oscuro cuando están maduros. El epicarpio es liso de color rojo oscuro. El mesocarpio tiene entre 0,5 y 1,5 mm de espesor y es rico en aceite. El endocarpio es duro y leñoso. La producción de los frutos se da principalmente desde el mes de abril hasta noviembre (Silva de Souza *et al.* 2012).

Los frutos son utilizados principalmente para la producción de aceite, sin embargo como el mesocarpio contiene proteínas y carbohidratos, también es utilizado para hacer una

especie de bebida muy nutritiva similar a la leche de vaca con chocolate (Díaz y Ávila 2002). El aceite de trupa, tiene una composición y valor nutritivo similar al aceite de oliva, con un alto contenido de ácidos grasos insaturados, principalmente, ácido oleico y bajo contenido de ácidos grasos saturados (Giacopini *et al.* 2011, Balick y Gershoff 1981, Ocampo *et al.* 2013).

Durante la Segunda Guerra Mundial, Brasil exportó aceite de trupa, sin embargo, se presume que se extrajo de la selva y con ello se pudo haber perdido parte de la biodiversidad de esta palmera (Balick 1993). Colombia exportó pequeñas cantidades hacia Francia pero la adulteración del producto con otro tipo de grasas afectó el mercado. En la actualidad se utiliza el $\Delta 5$ -avenasterol como marcador de la autenticidad de este aceite (Montúfar *et al.* 2010).

La extracción artesanal acuosa de aceite de trupa es una actividad que los indígenas transmitieron a los grupos afro descendientes en la provincia de Darién, Panamá. Sin embargo, la práctica de cosecha de los frutos de trupa, basada en la tala de la palmera, trajo como consecuencia que con el transcurrir del tiempo, sea más difícil conseguir los frutos, ya que cada vez están más distantes en la selva. Surge entonces la necesidad de

rescatar el conocimiento popular y mejorar la extracción acuosa y artesanal del aceite de trupa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la extracción artesanal acuosa del aceite de trupa se utilizó frutos frescos de tres días después de la cosecha, se realizó un diagnóstico del proceso artesanal de extracción acuosa de este aceite en Yaviza, Darién. Durante los meses de abril, mayo, junio se colectaron frutos y se congelaron a -18° C. Se observó la muestra de frutos congelados y determinó su porcentaje de endocarpio y mesocarpio más pericarpio. Se utilizaron frutos de trupa guardados en el congelador, se evaluaron dos tratamientos de extracción acuosa usando el método artesanal modificado con la información disponible y aplicada a la extracción acuosa del aceite de soya (Lawhon *et al.* 1981).

Tratamientos de extracción acuosa:

1. La extracción se hizo con la masa de pericarpio + endocarpio + agua de la maduración, licuada la mezcla, filtrada y exprimida a su pH natural.
2. La extracción se hizo con la masa de pericarpio + endocarpio + agua de la maduración licuada la mezcla, filtrada y exprimida a pH ajustado a 9,0 con hidróxido de sodio.

La unidad experimental fue de 5 kg de frutos y la cantidad de agua usada fue de 7 L, en todos los tratamientos. En cada tratamiento se hizo tres repeticiones. Se midió el rendimiento de aceite por kilogramo de frutos y se reportó como un promedio de las tres repeticiones.

El aceite de trupa que se extrajo con su pH natural de 5,3 a 5,8, se le determinó los índices de yodo, hidroxilo, saponificación, acidez y se realizó un perfil de los ácidos grasos, usando la metodología descrita en métodos oficiales de análisis (AOAC 2000).

Durante el diagnóstico de la extracción artesanal de aceite de trupa, se nos informó que los frutos de trupa recién cosechados y guardados a temperatura ambiente, deben procesarse antes de cuatro días después de la cosecha. Los frutos se lavaron dos veces con agua del grifo en un bidón plástico de 20 L de boca ancha. Durante este lavado se descartaron aquellos frutos que flotaban. A los frutos lavados se les añadió 0,4 veces su peso en agua. Luego se drenaron y el agua se recogió en una olla de aluminio. En este recipiente el agua se calentó hasta una temperatura de 60° C. El agua tibia se vertió sobre los frutos nuevamente, se taparon y se dejaron reposar así por 30 minutos. A este período se le conoce como maduración.

Durante la maduración, ocurre un ablandamiento del pericarpio y mesocarpio del fruto. Luego de la maduración, después de colarse y recuperar el agua tibia que los cubría, los frutos maduros se vertieron en un bidón plástico de 20 L de boca ancha y se maceraron con la ayuda de un pistilo de madera. En este proceso se separó el pericarpio y el mesocarpio del fruto. La mezcla pericarpio + mesocarpio + agua de la maduración, se agitó y se pasó por un tamiz con orificio de 1 mm de diámetro. La masa que no pasaba el tamiz se exprimó con la mano y fue separada.

Se obtuvo una emulsión con pulpa de trupa y gotas de aceite. La emulsión con gotas de aceite, se calentó y a medida que se evaporaba el agua, afloraba en la superficie una capa de aceite que se retiraba manualmente con un cucharón y se vertía en otro recipiente donde se continuaba calentando hasta refreír las pequeñas partículas. Luego en caliente, el aceite se filtró a través de un paño limpio y se recogió en una botella y se selló con tapa de rosca herméticamente.

Mejoramiento tecnológico del proceso

En el laboratorio se ensayó el proceso artesanal con algunas modificaciones.

Lavado de los frutos: Se repitió el mismo proceso artesanal sin modificaciones.

Maduración: Se cambió la relación en peso agua: frutos a 7 kg de agua: 5 kg de frutos. Se calentó el agua hasta 60° C y vertió así al bidón de plástico de 20 L conteniendo los frutos lavados y se dejó tapado por 30 minutos.

Despulpado: Los frutos maduros y drenados se despulparon con la ayuda de un pistilo de madera dentro del bidón plástico de 20 L hasta que los endocarpios estuvieran limpios y luego éstos se sacaron manualmente.

Licuada: La masa de pericarpio + mesocarpio se licuó con agua de la maduración usando una licuadora de cocina.

Prensado - Filtrado: La masa de pericarpio + endocarpio + agua de la maduración licuada, se vertió en sacos de manta sucia con cierre de cremallera y se colocaron en una sartén la cual tiene un filtro interno. El sistema se colocó en una prensa y la bolsa de manta sucia se exprimió dentro del filtro con la ayuda de un tornillo prensa y un gato hidráulico. El líquido que pasa el filtro es una mezcla de agua y aceite.

Decantado: El filtrado se calentó a 50° C y se pasó por la centrifuga descremadora de leche que separó el aceite del agua.

Secado-Envasado: El aceite resultante, se calentó hasta 120° C para evaporar las trazas de agua, luego, caliente a 95° C se filtró a través de un paño y se recogió sobre el envase de vidrio con cuello largo. El envase se llena hasta 1 cm de la boca. Luego, se sella el envase con tapa de rosca y de metal herméticamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró dificultad para adquirir la muestra de frutos de trupa debido a que las palmeras están cada vez más distantes en la selva.

La muestra de frutos para el estudio estuvo compuesta de un tercio de frutos pequeños con 29% de endocarpio y 71% de pericarpio + mesocarpio. Los frutos grandes estaban compuesto de 63,5% de endocarpio y 36,5% de pericarpio + mesocarpio. Estos últimos tuvieron una composición física similar a la reportada por Balick (1993). El ensayo se realizó con frutos grandes.

Contrario a la creencia popular, se demostró que los frutos congelados podían ser descongelados, procesados y se obtenía aceite de trupa. Se encontró que la extracción en el tratamiento 1 con pH de 5,3 a 5,8 presentó un rendimiento promedio de 20 ml de aceite/kg de fruto. Este rendimiento está de acuerdo a lo reportado por Rojas-Quintero *et al.* 2006.

La extracción con el tratamiento 2 con pH 9,00 mostró un rendimiento promedio de 15 ml de aceite/kg de fruto. Con el uso de los sacos de manta sucia hubo un mínimo de atascamiento de los platos de la centrifuga. Los frutos pequeños que fueron procesados por separado y con ajuste de pH a 9,00, tuvieron un rendimiento promedio de 4 ml de aceite/kg de fruto. Por su rendimiento tan bajo en aceite, los frutos pequeños de la muestra podrían corresponder a otra palmera parecida.

El aceite de trupa que se extrajo a su pH natural tuvo los siguientes índices: yodo 85, acidez 1,8, saponificación 190 e hidroxilo 6,0. El perfil de ácidos grasos de la muestra de aceite de trupa del Darién tiene: 23,6% de ácido palmítico, 32,1% de ácido oleico y 3,76% de ácido linoléico. El porcentaje de ácido oleico encontrado en el aceite de trupa es muy bajo comparado con un 77,7% de ácido oleico reportado en la literatura (Mambrim y Barrera 1997, Balick y Gershoff 1981). Se debe entonces repetir la determinación de la composición total de los ácidos grasos y hacer un análisis de la composición de su insaponificable con énfasis en la determinación del contenido de Δ^5 -avenasterol.

CONCLUSIONES

- Contrario a la creencia popular, se demostró que los frutos maduros y frescos se pueden congelar para posteriormente extraer el aceite a través del proceso artesanal acuoso.
- La extracción acuosa de aceite de trupa fue técnicamente viable usando una relación agua aceite de 7 kg de agua por cada 5 kg de fruto fresco y pH de 5,3 a 5,8 dando un rendimiento promedio de 20 ml/kg de frutos de trupa.
- El mejor rendimiento de aceite, se obtuvo al pH natural (5,3-5,8) de la pulpa del fruto de trupa.
- De la muestra de frutos recolectados de trupa, se encontró dos tipos de fruto. Uno pequeño con más mesocarpio que endocarpio con un rendimiento de 4 ml aceite/kg de fruto y otro grande con bajo contenido de mesocarpio y un rendimiento promedio de 20 ml de aceite/kg de fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Balick, MJ. 1993. Patauá. In Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forests. FAO, Rome, Italy. Consultado 9 dic. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/V0784E/v0784e0f.htm>
- Balick, MJ; Gershoff, SN. 1981. Nutritional evaluation of the *Jessenia bataua* palm: source of high quality protein and oil from Tropical America. *Eco Bot* 35:261-271.
- Díaz, JA; Ávila, LM. 2002. Sondeo del mercado mundial del Aceite de Seje (*Oenocarpus bataua*) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, CO. 18 p.
- Giacopini, MI; Guerrero, O; Moya, M; Bosch, V. 2011. Estudio comparativo del consumo de aceite de oliva virgen o seje sobre el perfil lipídico y la resistencia a la oxidación de las lipoproteínas de alta densidad (HDL) del plasma de rata. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 61(2):143-148.
- Lawhon, JT; Rhee, KC; Lusas, EW. 1981. Soy protein ingredients prepared by new processes-Aqueous processing and industrial membrane isolation. *JAACS*. 58(3):377-387.
- Mambrim, MCT; Barrera-Arellano, D. 1997. Caracterización de aceites de frutos de palmeras de la región amazónica del Brasil. *Grasas y Aceites* 48:154-156 (Fascículo 3).
- Montúfar, R; Laffargue, A; Pintaud, JC; Hamon, S; Avallone, S; Dussert, S. 2010. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a Source of High Oleic Vegetable Oil from Amazonia. *JAACS* 87(22):167-172.
- Ocampo, A; Fernández, AP; Castro, F. 2013. Aceite de palma de seje *Oenocarpus bataua* Mart. por su calidad nutricional puede contribuir a la conservación y uso sostenible de los bosques de galería en la Orinoquia Colombiana. *Orinoquia* 17(2):215-229.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, USA). 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed., Method 965.34. Gaithersburg, Maryland, USA.

Rojas-Quintero, EC; Montealegre, C; Rodríguez, CH; Correa, MA. 2006. Biología y ecología de *Oenocarpus bataua* Mart. (Milpes) en un rodal de la Amazonia colombiana. Momentos de Ciencia 3(2):89-96.

Silva de Souza, R; Souza Andrade, J; de Souza Costa, S. 2012. Effect of the Harvest Date on the Chemical Composition of Pataua (*Oenocarpus bataua* Mart.) Fruits from a Forest Reserve in the Brazilian Amazon. International Journal of Agronomy. 6 p.

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. 2016. Derechos Reservados

ACCESO LIBRE A LA REVISTA EN INTERNET
Texto completo
<http://www.idiap.gob.pa>
<http://www.abcpanama.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

