



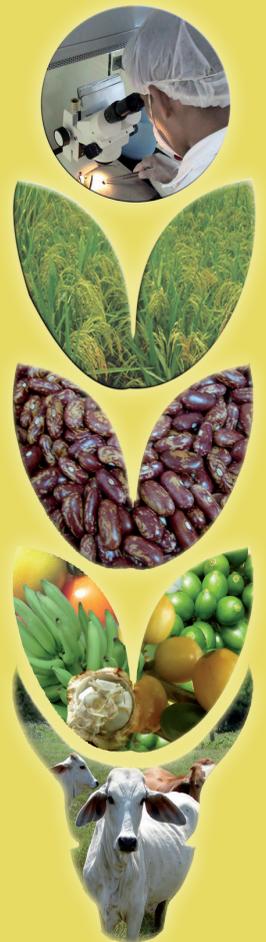
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 31

PANAMÁ-2020





INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

---

REVISTA CIENTÍFICA N° 31

PANAMÁ-2020

## **AVISO**

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

Ciencia Agropecuaria: revista científica/  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.  
no. 31 (2020). Panamá, PA. Semestral  
206 p.  
ISSN L 2414-3278  
1. Investigaciones Agrícolas  
2. Investigaciones Pecuarias

Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)  
La versión electrónica de la revista Ciencia Agropecuaria, se puede consultar en:  
<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

---

***Editor Principal***

Ismael Camargo-Buitrago, Ph.D. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT – Panamá

***Editora Asociada***

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

***Consejo Editorial***

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

Hilda Lezcano, Ph.D. Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – Universidad de Panamá

Axel Villalobos-Córtes, Ph.D. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT– Panamá

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

Juan C. Martínez-González, Ph.D. Universidad Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

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

***Diseño y Diagramación***

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

***Revisión y Traducción de resúmenes***

Eric M. Candanedo-Lay, Ph.D. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

---

---

## CONTENIDO

### ARTÍCULOS

---

- 1-18                    **INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE *Eretmocerus eremicus* (HYMENOPTERA: APHELINIDAE) Y *Trialeurodoes vaporariorum* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN TOMATE Y PIMENTÓN**  
*Gladys I. González-Dufau; Julio Santamaría-Guerra; Kathia Castrejon; Isabel Herrera; Arnulfo Monzón*
- 
- 19-36                    **PANEL REDUCIDO DE POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO SIMPLE PARA ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD EN BOVINOS**  
*Axel Villalobos-Cortés; Rita González; Manuel Murillo; Hilda Castillo*
- 
- 37-56                    **CARACTERIZACIÓN PEDOGENÉTICA DE LOS SUELOS DEDICADOS AL CULTIVO DE CACAO ORGÁNICO, ALMIRANTE – BOCAS DEL TORO**  
*Jhon Alexander Villalaz-Pérez; José Ezequiel Villarreal-Núñez; Adolfo Santo-Pineda; Abiel Gutiérrez; Ivan Alexis Ramos-Zachrisson*
- 
- 57-75                    **EVALUACIÓN SENSORIAL DE NUEVOS CULTIVARES DE FRIJOL POROTO BIOFORTIFICADO DE GRANO ROSADO EN PANAMÁ**  
*Maika Barría-Castro; Teresita Henríquez-Moran; Omaris Vergara-Cordoba; Emigdio Rodríguez-Quiel*
- 
- 76-98                    **IMPACTO DE LA DIVERSIDAD AGROECOLÓGICA SOBRE EL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**  
*Randy Atencio; François-Régis Goebel; Aby Guerra; Silvia López*
-

---

99-126                    **EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ PARA SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DE PANAMÁ, 2017-2019**  
*Román Gordón-Mendoza; Jorge E. Franco-Barrera;  
Jorge I. Núñez-Cano; Ana E. Sáez-Cigarruista;  
Francisco P. Ramos-Manzané; Jorge E. Jaén-Villarreal;  
Félix M. San Vicente-García*

---

127-155                    **INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y TIPIFICACIÓN DEL SISTEMA VACA-TERNERO Y DOBLE PROPÓSITO EN GUALACA, PANAMÁ**  
*Pedro Guerra-Martínez; María Milagros De Gracia-Victoria;  
Carlos Iván Martínez-Delgado; José Luis Bernal-Rosas;  
Olegario Ibarra-Guerra; Arnulfo Domínguez-De León*

---

156-168                    **CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE CAFÉ ROBUSTA EN LA PROVINCIA DE COLÓN, PANAMÁ**  
*Rubén D. Collantes G.; José A. Lezcano B.;  
Lilíam Marquínez B.; Andres Ibarra*

---

### **NOTAS TÉCNICAS**

---

169-181                    **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE *Akanthomyces lecanii* (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE): HIPERPARÁSITO DE *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)**  
*Gladys I. González-Dufau; Julio Santamaría-Guerra;  
Kathia Castrejon; Ulfredo Santo; Marco Sanjur; Isabel Herrera;  
Arnulfo Monzón*

---

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---

182-199                    **REPRODUCCIÓN DE OVINOS DE PELO EN REGIONES TROPICALES DE MÉXICO**  
*Arnoldo González-Reyna; Juan Carlos Martínez-González;  
Javier Hernández-Meléndez; Froylán Andrés Lucero-Magaña;  
Sonia Patricia Castillo-Rodríguez; José Fernando Vásquez-Armijo;  
Gaspar Manuel Parra-Bracamonte*

---

200-206                    **NORMAS PARA AUTORES**

---

**INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE *Eretmocerus eremicus*  
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) Y *Trialeurodoes vaporariorum*  
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN TOMATE Y PIMENTÓN<sup>1</sup>**

***Gladys I. González-Dufau*<sup>2</sup>; *Julio Santamaría-Guerra*<sup>3</sup>; *Kathia Castrejon*<sup>4</sup>;  
*Isabel Herrera*<sup>5</sup>; *Arnulfo Monzón*<sup>6</sup>**

**RESUMEN**

La comprensión de las interacciones multitróficas entre parasitoides, plagas y plantas hospederas es importante para el desarrollo de alternativas de manejo agroecológico que potencien el restablecimiento de funciones ecosistémicas. En este estudio se realizaron experimentos de laboratorio para determinar la influencia del tomate (*Solanum esculentum*; cv. Moneymaker) y el pimiento dulce (*Capsicum annum*; cv. Goldenwonder y Yolowonder) en la aptitud y parasitoidismo del *Eretmocerus eremicus* atacando a *Trialeurodoes vaporariorum*. El tamaño del parasitoide, medido por la longitud de la tibia posterior, se correlacionó con el tamaño de las pupas del huésped como un indicador de aptitud. No se observó efecto significativo por cultivar en la longevidad de los parasitoides emergidos, en la tasa de emergencia y en la mortalidad de la etapa de inmaduros. Sin embargo, las plantas hospederas influyeron en el tiempo de desarrollo (días) y la proporción de sexos de los parasitoides. La tasa de crecimiento de la población del parasitoide era mayor que la de *T. vaporariorum*. La mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* se observó alimentándose del tomate cv. Moneymaker y el pimiento dulce cv. Goldenwonder, fue un hospedero igualmente adecuado para especímenes de *Er. eremicus*, lo que convierte a este parasitoide, en un agente de control biológico con potencial en un sistema de cultivo de tomate/pimiento dulce.

**Palabras clave:** Aptitud demográfica, Interacciones tritróficas, control biológico.

<sup>1</sup> Recepción: 2 de marzo de 2020. Aceptación: 20 de julio de 2020. Investigación financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

<sup>2</sup> IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. M.Sc. en Entomología.  
e-mail: gladys.gonzález@idiap.gob.pa

<sup>3</sup> IDIAP. CIA Chiriquí. Ph.D. en Innovación Institucional.

<sup>4</sup> IDIAP. CIA Chiriquí. Bach. en Ciencias.

<sup>5</sup> Universidad Nacional Agraria. Ph.D. Fitopatología.

<sup>6</sup> Universidad Nacional Agraria. Ph.D. Entomología.



**TROPHIC INTERACTIONS BETWEEN *Eretmocerus eremicus*  
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) AND *Trialeurodes vaporariorum*  
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) GROWING ON TOMATO AND GREENPEPPER PLANTS**

**ABSTRACT**

Understanding multitrophic interactions between parasitoids, pests, and host plants is important for the development of agro-ecological management alternatives that enhance the restoration of ecosystem functions. Laboratory experiments were conducted to determine the influence of tomato (*Solanum lycopersicum*; cv. Moneymaker) and sweet pepper (*Capsicum annuum*; cv. Goldenwonder and cv. Yelowonder) on the fitness and parasitisation of the *Eretmocerus eremicus* attacking *Trialeurodes vaporariorum*. Parasitoid size, as measured by hind tibia length, was correlated with host pupae size as a fitness indicator. No significant cultivar effect was observed on the longevity of the emerged parasitoids, on the rate of emergence and on immature mortality. However, the host plants did influence development time (days) and sex ratio of the parasitoids. The population growth rate of the parasitoids was observed to be higher than that of *T. vaporariorum*. *T. vaporariorum*, feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder, was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens, which makes this parasitoid a promising biocontrol agent in a tomato/sweet pepper mix-cultivation system.

**Key words:** Demographic fitness, tritrophic interactions, biological control.

**INTRODUCTION**

The greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the most important vegetable pests (Perring et al., 1993; Byrne et al., 1990; Gonzalez and Santamaria, 2015). *This insect pest* is native to America, particularly the United States (USA) and northwestern Mexico. It is distributed in tropical and semi-tropical regions of the world (Myartseva et al., 2010), where it is parasitized by diverse natural enemies (García-Guerrero et al., 2018); adults and immature are phloem feeders and can contribute to reduce productivity by directly consuming transportable carbohydrates, nitrogen and other nutrients. Moreover, they produce large amounts of honeydew on the leaf, on which sooty moulds occasionally develop with a resultant reduction in leaf photosynthesis (Byrne et al., 1990; Gonzalez and Santamaria, 2015).



The parasitoid *Eretmocerus eremicus* has shown its potential as a biological control agent of the greenhouse whitefly (De Barro et al., 2000), and it is recommended for use by commercial companies (e.g. Koppert Biosystems, Bioplanet, Biobest). Furthermore, Greenberg et al. (2002), indicate that *Er. Eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) is very efficient in attacking the two important whitefly pest species: *T. vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. Similarly, Aliaga (2013) reported from Perú *Er. eremicus* attacking *Trialeurodes variabilis* feeding on yuca plants (*Manihot esculenta* L.). In Panama *Eretmocerus* had been reported by Rusell (1962), Carreiro (1994) and Ferguson (1994). More recently, Bernal (2001) reported *Eretmocerus* as the most abundant species for tomato under field condition in Azuero. Gonzalez et al. (2009), reported this parasitoid feeding on *Bemisia* and *Trialeurodes vaporariorum* at Los Santos, Capiro and Boquete districts in Panama. Eggs are deposited underneath whitefly nymphs at the leaf surface, and 1<sup>st</sup> instars penetrate the underside of the host upon eclosion. Parasitoid larvae completely consume the contents of the host before pupation (Gerling et al., 1990; Foltyn and Gerling, 1985).

*Eretmocerus* have developed a special type of ectoparasitism. They oviposit under the host and their eggs are protected between the leaf and the host. Thereafter, they enter the host but induce it to form a capsule that allows them to remain functionally external to both the host's blood cells and to cellular defence mechanisms. The capsule remains intact during the first and much of the second larval instars. During that time, the whitefly nymph disintegrates with just a few tissues remaining. When the capsule breaks up, and the parasitoid larva becomes fully exposed to the host's body fluids, these are scarcely able to invoke effective defensive mechanisms. Thus, by ovipositing under a young host instar, *Eretmocerus* avoids the disadvantages of ectoparasitism by ovipositing under the host and developing within it, and of endoparasitism by living within a capsule that protects it from host defences (Gerling, 1966).

The effective implementation of biological agents for whitefly management relies on the feasibility of augmenting parasitoids in a whitefly-affected crop. Efficient mass rearing and release of parasitoids is dependent on our knowledge of the nature of agroecosystems and the principles by which they work (León and Altieri, 2010). One very important aspect of this is the deep understanding the plant-herbivore-parasitoid interaction. The study of the parameters of life of parasitoids is also important because of the possibility of combining



more than one of these natural enemies in the biological control strategy of the same insect pest (Qiu et al., 2005). This is a research topic that has received a lot of attention in the past, yet research with respect to the strategies (e.g. host selection) used by different parasitoids with different life histories and studies on the effect of the integration of agroecological practices on the performance of the production system are growing rapidly (Vásquez and Fernández, 2008; Altieri and Nicholls, 2007).

Large hosts are supposed to be of better quality, as they are believed to contain more resources than small ones (Charnov, 1982). However, host size may not always be indicative of host quality at the time of parasitisation. The influence of host size on parasitoid development may differ between idiobont and koinobiont parasitoids. According to Waage's (1982) hypothesis: "size dependent sex ratios are to be anticipated in idiobiont parasitoids which oviposit in non-growing stages (e.g. eggs and pupa) or which paralyse their hosts prior to oviposition (many larval parasitoids), but not in koinobiont parasitoids which oviposit and develop in growing host stages (egg-larval or larval parasitoids) for which host size is not a good predictor of larval resources". However, King (1989) stated that Waage's hypothesis is not true for all koinobionts.

Since the effective implementation of biological agents for whitefly management relies on the feasibility of augmenting parasitoids in a whitefly-affected crop through understanding the plant-herbivore-parasitoid interaction, the present study focuses on the effect of host quality of *T. vaporariorum* feeding on sweet pepper (poor quality host plant) or tomato (intermediate quality host plant). This is a common mix cropping system at horticultural farms in the highlands of the Chiriquí province.

## MATERIALS AND METHODS

### ***Whitefly and parasitoid species***

Adult whiteflies, *Trialeurodes vaporariorum* were reared in a wooden cage (50cm×50cm×56cm) on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L. cv. Moneymaker). From this rearing, adult whitefly (20 females:20 males) from zero to seven days old were transferred and confined to the undersides of leaves of the host plants cultivars (sweet pepper *Capsicum annuum* cv. Goldenwonder and cv. Yelowonder; and tomato cv. Moneymaker) using clip cages of 2,5 cm diameter and were allowed to oviposit for 24 h.



After these time all the whiteflies were removed with an aspirator and the host plants were transferred and maintained at the laboratory of Entomology (IDIAP, Chiriquí), in a climatic chamber at  $22 \pm 1^\circ \text{C}$  and 50% RH with a 12:12 h light:dark photoperiod until the nymphs had developed in to the 2<sup>nd</sup> instar.

Parasitoid pupae *Er. eremicus* used in this experiment were obtained from Koppert Biological Systems BV, through its distributor Agrobio NCS based in Costa Rica. Cardboards of parasitoids pupae were located in petri dishes to allow emergence of both females and males. Newly emerged adult females were allowed to mate individually with an individual male inside a gel capsule (20 mm long x 7 mm diameter).

### ***Effect of sweet pepper and tomato on the quality of whitefly and its parasitoid *Er. eremicus****

Three plants of each cultivar were infested with whitefly as described above. About 35 second instars whitefly nymphs were offered to the parasitoid and superfluous whiteflies nymphs were removed. Subsequently, one mated female parasitoid (1 d old) was released and confined with the nymphs in a large (3,5 cm diameter) clip cage at  $22^\circ \text{C}$ . After 24 h, the parasitoid females were removed. Ten percent of the total nymphs offered were dissected and checked for parasitoid eggs. All of the remaining nymphs were allowed to complete their development. When the parasitized nymphs had changed colour from light to dark, they were counted daily until emergence. This allowed the number of successfully parasitized hosts to be determined. The percentage of parasitized nymphs was calculated from the total number of nymphs used per female. The percentage of emerged parasitoids was calculated only from hosts that could be identified as parasitized. After emergence, the puparia from parasitized and non-parasitized individuals that had developed on each plant cultivar were measured. Longevity of each emerged adult parasitoid was measured by daily checking the vials in which adult parasitoids were held as unfed individuals. Upon death, parasitoid adults were frozen for posterior measurement of the hind tibia length.

**Statistical tests:** Differences were tested for significance with ANOVA, Mann-Whitney U test or the Chi Square test, all at the 5%-probability level.



A one-factor analysis of variance (ANOVA) was used to examine the effect of plant species on the total immature development time, and longevity of males and females of *Er. eremicus*. When the ANOVA result indicated a significant difference, the means were compared with the Least test (LSD;  $\alpha = 0,05$ ).

**Calculation of demographic parameters:** The net reproduction rate ( $R_0$ ), the average generation time ( $T$ ), the intrinsic rate of natural growth ( $r_m$ ) were calculated using the two equations of Andrewartha and Birch (1954) where  $r_{m1} = (\ln R_01) / T1$  and  $r_{m2} = (\ln R_02) / T2$ . The survival of each stage was calculated using the following formula:

Equal stage survival =  $N^{\circ}$  individuals enter stage (i + 1) /  $N^{\circ}$  individuals enter stage i)  $\times 100$

## RESULTS AND DISCUSSION

### **Effect of sweet pepper and tomato on the quality of whitefly and its parasitoid**

The development time of immature male parasitoids varied significantly for the tested cultivars. Males from the sweet pepper cv. Goldenwonder had the longest development time. The pooled male and female development period of different cultivars were 22,09 d; 22,64 d and 23,82 d for sweet pepper cv. Goldenwonder, tomato cv. Moneymaker and sweet pepper cv. Yelowonder, respectively, and the differences between cultivars were significant ( $P < 0,05$ ; Table 1). Wasps emerging from hosts feeding upon the sweet pepper cv. Yelowonder took more than one day longer to complete development than wasps emerging from hosts on the sweet pepper cv. Goldenwonder and tomato cv. Moneymaker.

**Table 1. Immature development time in days of *Eretmocerus eremicus* on *Trialeurodes vaporariorum* and on three different cultivars at 22° C.**

Host plant	Mean $\pm$ se <sup>1/</sup>	n	CV (%)	Min – Max
Tomato – cv. Moneymaker	22,64 $\pm$ 0,06a	497	0,26	17 – 28
Sweet pepper – cv. Goldenwonder	22,09 $\pm$ 0,27b	59	1,21	19 – 28
Sweet pepper – cv. Yelowonder	23,82 $\pm$ 0,23c	69	0,94	21 – 30

<sup>1/</sup> Different letters in a column indicate significant differences; ANOVA with LSD ( $P < 0,05$ ).



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

The longevity of unfed female *Er. Eremicus* was not influenced ( $P < 0,001$ ) by the host plant on which *T. vaporariorum* had developed (Table 2). Few parasitoid females emerged from whiteflies on the sweet pepper cultivars and so the data might not be representative, nevertheless, as reported by Vet et al. (1980), data of intrinsic rate of increase for *Er. eremicus* feeding on *T. vaporariorum* on sweet pepper are extremely varied.

The longevity of unfed males differed significantly between the three cultivars (Table 2), being longest on the sweet pepper cv. Goldenwonder and shortest on the sweet pepper cv. Yelowonder.

**Table 2. Mean of males and female's longevity (days) of unfed *Eretmocerus eremicus* emerging on *Trialeurodes vaporariorum* feeding on three different cultivars.**

Host plants	Mean $\pm$ s.e. <sup>1/</sup>	n	CV (%)	Min - Max
Females				
Tomato – cv. MoneyMaker	2,12 $\pm$ 0,05 a	129	2,36	0 - 3
Sweet pepper– cv. Goldenwonder	2,43 $\pm$ 0,29 a	7	11,9	1 - 3
Sweet pepper– cv. Yelowonder	2,09 $\pm$ 0,21 a	11	10,5	1 - 3
Males				
Tomato – cv. MoneyMaker	1,72 $\pm$ 0,04 a	212	2,3	1 - 3
Sweet pepper– cv. Goldenwonder	2,15 $\pm$ 0,15 b	33	6,9	1 - 4
Sweet pepper– cv. Yelowonder	1,47 $\pm$ 0,21 c	37	14,3	1 - 3

<sup>1/</sup> Within each row (host's food plant) different letters in a column indicate significant differences. ANOVA with LSD ( $P < 0,05$ ).

Basic life history parameters and demographic parameters of *Er. eremicus* are shown in Tables 3 and 4. *Trialeurodes vaporariorum* was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens feeding on the tomato cv. MoneyMaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder as host plant. *Eretmocerus eremicus* developed faster, had a lower immature mortality, and a greater longevity on whiteflies on the sweet pepper cv. Goldenwonder than on the sweet pepper cv. Yelowonder. The sex ratio was significantly different for both sweet pepper cultivars species ( $\chi^2 = 0,84$ ;  $P = 0,66$ ).



**Table 3. Life history parameters of *Eretmocerus eremicus* developing on different host plants.**

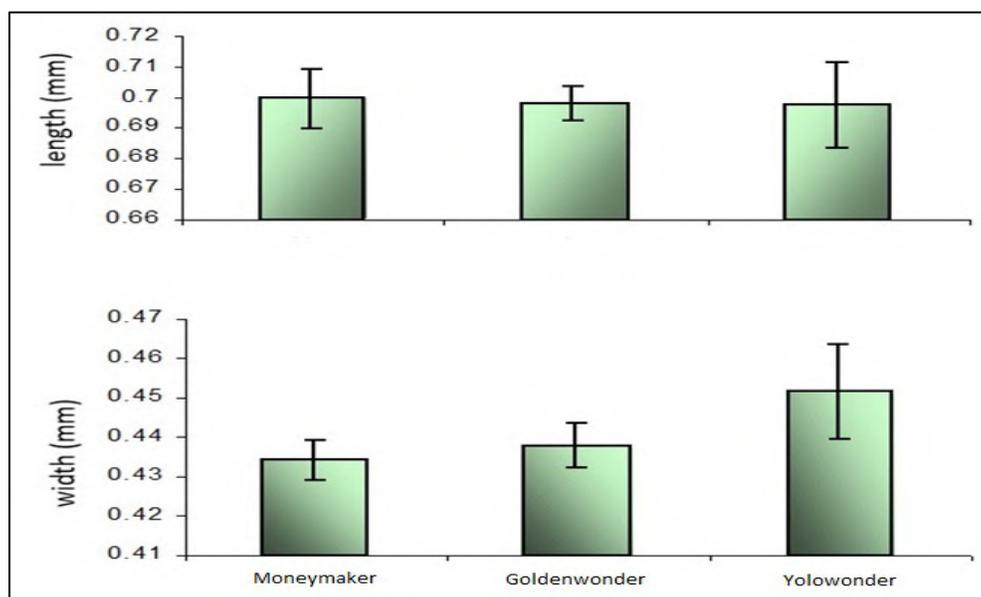
Parameter	Tomato cv. Moneymaker	Sweet pepper cv. Yelowonder	Sweet pepper cv. Goldenwonder
	Mean	Mean	Mean
% Emergence rate	81,3 a	77,8 a	71,9 a
% Immature mortality	18,6 a	22,1 a	19,6 a
Sex ratio (males: females)	0,41 a	0,3 b	0,3 b

Within each column (host's food plant) different letters in a column indicate significant differences (P<0,5).

The  $\chi^2$  analysis of percentage of emergence in this experiment revealed non-significant differences (P=0,66) for the host plants studied.

**Table 4. Demographic parameters of *Eretmocerus eremicus* on tomato and sweet pepper as host's food plants.**

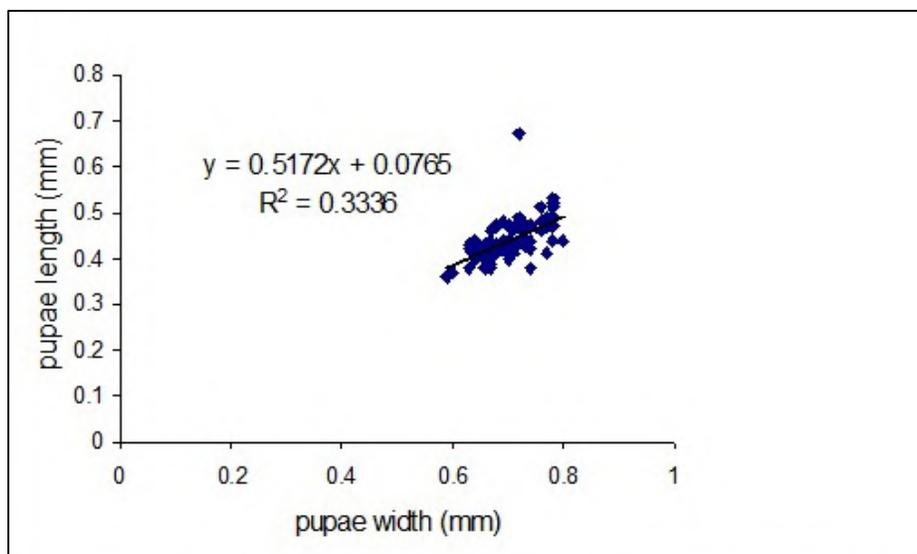
Parameter	Tomato cv. Moneymaker	Sweet pepper cv. Yelowonder	Sweet peppe cv. Goldenwon
Ro = net reproduction	43,82	43,13	36,55
T = generation time	27,64	27,09	28,82
$r_m$ = intrinsic rate of increase	0,142	0,133	0,130



**Figure 1. Width and length of the puparium after parasitoid adult emergence per each cultivar (Moneymaker; Goldenwonder, Yelowonder).**



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



**Figure 2. Effect of *Eretmocerus eremicus* tibia length on puparium length: width ratio measured after emergence.**

A positive correlation was observed between length and width size (Figures 2). The data of hind tibia length for parasitoids that developed in hosts on the three types of host plant investigated is given in Table 5. No significant host-plant effect was observed on the tibia length of adult parasitoids studied under laboratory conditions.

**Table 5. Effect of host's food plant on the tibia length of *Eretmocerus eremicus*.**

Host plant	Mean $\pm$ se <sup>1</sup> (mm)	N	CV(%)	Min	Max	Range
Tomato- cv Moneymaker	0,241 $\pm$ 0,002 a	70	0,97	0,20	0,28	0,08
Sweet pepper- cv.Goldenwonder	0,245 $\pm$ 0,003 a	36	1,25	0,20	0,27	0,07
Sweet pepper- cv.Yolowonder	0,247 $\pm$ 0,003 a	19	1,19	0,23	0,26	0,03

<sup>1</sup> Within each row different letters indicate significant differences. ANOVA with LSD ( $P > 0,05$ ).

The current study on tritrophic-interactions established that sweet pepper as the host plant slightly affected some of the life history parameters of the parasitoid *Er. eremicus*, but the host plant did not influence the population development of the parasitoid, as well as the size of the hind tibia of the parasitoids emerging from *T. vaporariorum*. These results



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

agree with the conclusions reported by other authors (van Lenteren and Noldus, 1990; Thomas, 1993; Shah and Liu, 2013) about host quality of the sweet pepper upon *T. vaporariorum*.

*Eretmocerus eremicus* developing in the larval stages of *T. vaporariorum* feeding on sweet pepper, performed least well on the cultivar Yelowonder. However, performance of *Er. eremicus* on the sweet pepper cultivar Goldenwonder was much better than that on tomato. Within the genus *Eretmocerus*, differences in performance of parasitoids have previously been reported by Powell and Bellows (1992) and De Barro et al. (2000), working with *Bemisia* as host. The first authors compared development of parasitoids on cotton (*Gossypium hirsutum*) and cucumber (*Cucumis sativus*), and, De Barro et al. (2000), reported a host plant effect on *Eretmocerus* spp., with a suitability gradient from most suitable to least suitable as follows: cotton, hibiscus (*Hibiscus* sp.), rockmelon (*Cucumis melo*), soybean (*Glycine max*), and tomato.

Plant effects on another aphelinid group have been reported by Heinz and Parrella (1994). These authors reported differences in host feeding, parasitism, and total number of nymphs killed among four parasitoid species (*Encarsia Formosa* Gahan, *En. luteola* Howard, *En. pergandiella* Howard, and *En. transvena* Timberlake), and on two different poinsettia cultivars (*Poinsettia pulcherrima*). Greenberg et al. (2002), investigated the effect of different tomato cultivars on two *Eretmocerus* species, *Er. eremicus* and *Er. mundus*, and reported no significant differences for these characteristics. Interestingly, they observed size differences for *Eretmocerus* species when reared on *T. vaporariorum* and *B. tabaci*. Both, *Er. eremicus* and *Er. mundus*, were larger when they had developed on *T. vaporariorum* than on *B. tabaci*. Regarding other groups of biological control agents, our findings agree with those of van Huis and de Rooy (1998) who studied the effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* and its egg parasitoid *Uscana lariophaga*. They observed higher mortality and longer development in the eggs of *C. maculatus* on the legume that was less favourable for the development of *C. maculatus*. While Orr and Boethel (1986), reported that plant antibiosis can influence the biology over four trophic levels.



When looking at the fitness parameters, this study demonstrated that *T. vaporariorum* nymph size did not vary when this whitefly feeds on the evaluated sweet pepper or tomato and agree with the results reported by Greenberg et al. (2002). This might be the reason why there was no influence on the parasitoids hind tibia length, and why *T. vaporariorum* was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder as host plant.

Positive significant correlation between tibia length and puparium ratio agree with those studies on which size alone was a significant longevity predictor (Hooker et al., 1987) in the eulophid studied parasite. Sagarra et al. (2001), observed in laboratory conditions that parasitoid size, as measured by left hind tibia length, was positively correlated with several indicators of the parasitoid fitness (longevity, mating preference, fecundity, reproductive longevity, progeny emergence, and sex-ratio).

Regarding to the longevity of the adults, our results were similar to those reported by Hanan et al. (2010), who observed a life span of 2,5~5,5 days without food source. Data from the present study showed that unfed females lived longer (2,02~2,43 days) than unfed males (1,47~2,15 days). This can be interpreted as an adaptation to ensure that the parasitoids live for longer if hosts are unavailable, so that they have more time to search for their hosts and therefore a greater chance of producing progeny.

On the other hand, strong female sex bias in the parasitoid offspring from sweet pepper cultivars was reported on this study. This agrees with Islam and Copland (1997) report on that the proportion of male parasitoids decreased with the increasing host size and showed significant linearity. Biological data indicate maternal manipulation of the offspring sex ratio of parasitoid wasps in response to host size. From this it can be predicted that a greater proportion of females will be laid in large hosts (King, 1989). However, the extremely high mortality experienced by the host on sweet pepper plant might mask the offspring sex ratio. Experimental studies have shown that, for hymenopteran parasitoids, host size at oviposition is often a reliable indicator of host suitability for parasitoid development (Visser, 1994; Sagarra, 2001). Large hosts contain more resources for parasitoid development than small hosts; and therefore in terms of parasitoid fitness are assumed to be qualitatively superior (Waage's host size dependent theory). However, King



(1989) suggests that in koinoinbiont species with wide host-species size ranges, there will not be a selection pressure for females to manipulate offspring sex ratio in response to host size unless females can discriminate between host species or host species do not overlap in the size of susceptible instars.

Published data of intrinsic rate of increase for *Er. eremicus* feeding on *T. vaporariorum* on tomato and sweet pepper are extremely varied (Vet et al., 1980). Values reported here are comparable within the range reported by Koopert (2002) working at 25° C on *Er. mundus* and *B. tabaci* as host, who reported a  $r_m$  of 0,192 for tomato and 0,198 for sweet pepper, with survival rates of 73% and 64%, respectively. In our study we observed smaller values for the  $r_m$  (0,142) for tomato and [0,131 (cv. Yolowonder) - 0.131(cv. Goldenwonder)] sweet pepper with survival rates of 81,3% for tomato cv. Moneymaker, and 77,8% for sweet pepper cv. Yolowonder and 71,9% for sweet pepper cv. Goldenwonder.

Despite the difference reported in life history parameters, the intrinsic rate of increase observed for *Er. eremicus* developing in nymphs of *T. vaporariorum* feeding on tomato and sweet pepper was still greater than that of their host (Gonzalez et al., 2018). Good control of whitefly on sweet pepper may be possible because this is an extremely poor host plant for whitefly (both larvae and adult) but conditions for the parasite are rather good as the leaves are smooth and the wasp is hardly hampered by obstacles (van Lenteren et al., 1977). Although with smooth leaves, the margin of the nymph fits well with the leaf surface making it more difficult for the wasps to oviposit under the nymph (Headrick et al., 1996; De Barro et al., 2000; Cetintas and McAuslane, 2009). This information would be useful for development rearing strategies of whitefly parasitoids, and biological control of the species of whiteflies using *Eretmocerus*.

As a starting point for understanding how parasitoids respond as larvae to host quality constrains in a tomato sweet pepper mix cropping system, the results obtained in this study indicate that biological control of *T. vaporariorum* on tomato and sweet pepper might be possible under protected cultivation. In addition, these findings will aid scientific understanding of tritrophic interactions in nature and agricultural field systems under the scope of agroecological reconversion of conventional production systems based on the habitat diversification and agroecological pillar. The optimal function of agroecosystems



depends on the spatial-temporal designs that promote synergies between above and below ground key biodiversity components, which in turn determine the expression of ecological processes such as pest regulation, nutrient cycling and productivity.

### BIBLIOGRAPHY

Aliaga, J. 2013. Presencia de *Trialeurodes variabilis* (Quaintance, 1900) y su parasitoides *Eretmocerus eremicus* Rose&Zolnerowich en cultivos de yuca *Manihot esculenta* Crantz en Supe - Barranca, Lima - Perú. Revista Peruana de Entomología, 47(1-2): 12-14. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/235>

Altieri, M.A., y C.I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. 2007/1. [http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id_Categoria=1&tipo=portada)

Andrewartha, H.G., and L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.

Bernal V., J.A. 2001. Untersuchung zum Einsatz natürlicher und synthetischer Insektizide und zur Parasitierung von *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) im Tomatenanbau in Panama. Dissertation schrift, Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie der Justus-Liebig-Universität Giessen 136 p.

Byrne, D.N., T.S. Bellows, Jr., and M.P. Parrella. 1990. Whiteflies in agricultural systems. In: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, 227-261.

Carreiro, R. 1994. Análisis del complejo de enemigos naturales de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 89 p.

Cetintas, R., and H. McAuslane. 2009. Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. The Florida



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

Entomologist 92(4): 538-547. Retrieved September 24, 2019, from <http://www.jstor.org/stable/25594574> (consultado 24 sep. 2019).

Charnov, E.L. 1982. Theory of sex allocation. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

De Barro, P.J., P.J. Hart, and R. Morton. 2000. The biology of two *Eretmocerus* spp. (Haldeman) and three *Encarsia* spp. Foster and their potential as biological control agents of *Bemisia tabaci* biotype B in Australia. Entomol. Exp. Appl. 94: 93-102. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00608.x>

Ferguson G, O.L. 1994. Dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 98 p.

Foltyn, S., and D. Gerling. 1985. The parasitoids of the aleyrodid *Bemisia tabaci* in Israel: development, host preference and discrimination of the aphelinid wasp *Eretmocerus mundus*. Entomol. Exp. Appl. 38: 255-260. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03527.x>

García-Guerrero, D.A., O. García-Martínez, S.N. Myartseva, L.A. Aguirre-Uribe, and G. Arcos-Cavazos. 2018. New Records of the Genus *Encarsia* Förster and Hosts at Veracruz, Mexico. Southwestern Entomologist 43(1): 273-275. <https://doi.org/10.3958/059.043.0102>

Gerling, D. 1966. Studies with whitefly parasites of southern California II. *Eretmocerus californicus* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae). The Canadian Entomologist 98: 1316-1329. <https://doi.org/10.4039/Ent981316-12>

Gerling, D., T. Orion, and Y. Delarea. 1990. *Eretmocerus*: Penetration and immature development: a novel approach to overcome host immunity. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 13: 247-253. <https://www.tau.ac.il/lifesci/departments/zoology/members/gerling/documents/68.pdf>



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

- González D, G.I., J.A. Guerra, N. Villarreal, K. Adames, L. Araúz, y J. Núñez. 2009. Contribución al conocimiento de los parasitoides de la mosca blanca en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Notas de Investigación en Progreso Año 13 N° 2 marzo 2009. ISSN 0257-7127.
- González D., G.I., and J. Santamaría Guerra. 2015. Biological control: an integrated management alternative for *Trialeurodes vaporariorum* in Panama greenhouses. Ciencia Agropecuaria 22:68-109.
- González Dufau, G.I., J. Santamaría Guerra, K. Castrejón, I. Herrera, y A. Monzón. 2018. Parámetros demográficos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. Ciencia Agropecuaria 28: 37-55. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/3>
- Greenberg, S.M., W.A. Jones, and T.X. Liu. 2002. Interactions among two species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae), two species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), and tomato. Environ. Entomol. 31(2): 397-402. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.2.397>
- Hanan, A., X.Z. He, M. Shakeel, and Q. Wang. 2010. Effect of food supply on reproductive potential of *Eretmocerus warrae* (Hymenoptera: Aphelinidae). New Zealand Plant Protection 63: 113-117. ISSN 1179-352X [https://www.nhm.ac.uk/resources/research-curation/projects/chalcidoids/pdf\\_X/HananHeSh2010.pdf](https://www.nhm.ac.uk/resources/research-curation/projects/chalcidoids/pdf_X/HananHeSh2010.pdf)
- Headrick, D.H., T.H. Bellows, and T.M. Perring. 1996. Behaviours of female *Eretmocerus* sp. nr. *californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton, *Gossypium hirsutum*, (Malvaceae) and rockmelon, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae). Biological Control 6: 64-75. <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0009>
- Heinz, K.M., and M. Parrella. 1998. Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd Ex Koltz) cultivar-mediated differences in performance of five natural enemies of *Bemisia argentifolii*



Bellows & Perring, n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control* 4(4): 305-318.  
<https://doi.org/10.1006/bcon.1994.1039>

Hooker, M.E., E.M. Barrows, and S.W. Ahmed. 1987. Adult longevity as affected by size, sex, and maintenance in isolation or groups in the parasite *Pediobus foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 655-659.  
<https://doi.org/10.1093/aesa/80.5.655>

Islam, K.S., and M.J.W. Copland. 1997. Host preference and progeny sex ratio in a solitary koinobiont mealybug endoparasitoid, *Anagyrus pseudococci* (Girault), in response to its host stage. *Biocontrol Science and Technology* 7: 449-456.  
<https://doi.org/10.1080/09583159730857>

King, B.H. 1989. Host-size dependent sex ratios among parasitoid wasps: does host growth matter? *Oecologia*. 78: 420-426. <https://doi.org/10.1007/BF00379119>

Koppert Biological Systems. 2002. BEMIPAR *Eretmocerus mundus*: Control biológico de la mosca blanca *Bemisia tabaci* con el parasitoide *Eretmocerus mundus*. 9 p.

León, T., and M.A. Altieri. 2010. Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un programa latinoamericano de agroecología. In: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. SOCLA, pp 11- 52.

Myartseva, S.N., E. Ruíz-Cancino, J.M. Coronado-Blanco, and A.M. Corona-López. 2010. Especies de *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) que parasitan *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en Tamaulipas y Morelos, México, y descripción de una especie nueva. *Dugesiana* 17(2): 129-135. ISSN: 0065-1737. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=575/57531721003>

Orr, D.B., and D.J. Boethel. 1986. Influence of plant antibiosis through four trophic levels. *Oecologia* 70: 242-249. <https://doi.org/10.1007/BF00379247>



- Perring, T.W., A.D. Cooper, and R.J. Rodriguez, C.A. Farrar, and T.S. Bellows, Jr. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74-77. DOI: [10.1126/science.8418497](https://doi.org/10.1126/science.8418497)
- Powell, D. A., and T. S. Bellows, Jr. 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. *Environ. Entomol.* 21(2): 359-363. <https://doi.org/10.1093/ee/21.2.359>
- Qiu, B.L., P.J. De Barro, and S.X. Ren. 2005. Development, survivorship and reproduction of *Eretmocerus* sp. nr. *furushashii* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on glabrous and non-glabrous host plants. *Bulletin of Entomological Research.* 95(4):313-319. <https://doi.org/10.1079/ber2005362>
- Russell, L.M. 1962. The citrus blackfly. *FAO Plant Protection Bulletin* 10(2): 36-38. (whiteflies) 34.
- Shah, M.M.R., and T.X. Liu. 2013. Feeding experience of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) affects their performance on different host plants. *PLoS ONE* 8(10): e77368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077368>
- Sagarra, L.A., C. Vincent, and R.K. Stewart. 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull. Entomol. Res.* 91: 363-367. <https://doi.org/10.1079/ber2001121>
- Thomas, D.C., 1993. Host plant adaptation in the glasshouse whitefly. Wageningen Agricultural University. Ph.D. Thesis. 129 pp. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/200973>
- Vásquez, L.L., and E. Fernández. 2008. Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura urbana. Estudio de caso, ciudad de La Habana, Cuba. *Agroecología* 2: 21-31. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/12161>
- van Lenteren, J.C., and L.P.J.J. Noldus. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: Gerling, D. (Ed.), *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, pp. 47-89.



- van Lenteren, J.C., J. Woets, N. van der Poel, W. van Boxtel, S. van der Merendonk, R. van der Kamp, H. Nell, and L. Sevenster-van der Lelie. 1977. Biological control of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) by *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) in Holland, an example of successful applied ecological research. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent 42: 1333-1342.
- van Huis, A., and M. de Rooy. 1998. The effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its egg parasitoid *Uscana lariophaga* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Bull. Entomol. Res. 88: 93-99.
- Vet, L.E.M., J.C. van Lenteren, and J. Woets. 1980. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IX A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research. Z. angew. Entomol. 90: 26-51.
- Visser, M.E. 1994. The importance of being large: the relationship between size and fitness in females of the parasitoid *Aphaereta minuta* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Animal Ecology 63: 963-978. DOI: 10.2307/5273 <https://www.jstor.org/stable/5273>
- Waage, J. 1982. Sex ratio and population dynamics of natural enemies-some possible interactions. Annals of Applied Biology 101: 159-164.

### ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), CIA Chiriquí for supporting this research, and the anonymous reviewers for helpful comments.



## PANEL REDUCIDO DE POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO SIMPLE PARA ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD EN BOVINOS<sup>1</sup>

***Axel Villalobos-Cortés<sup>2</sup>; Rita González<sup>3</sup>; Manuel Murillo<sup>4</sup>; Hilda Castillo<sup>5</sup>***

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar un panel reducido de 200 marcadores de polimorfismo de nucleótido simple recomendados por la Sociedad Internacional de Genética Animal y el Comité Internacional de Registro de Animales, mediante secuenciación de siguiente generación. Se utilizaron parámetros como número de *loci* utilizables, polimorfismo de *loci*, heterocigosis observada (Hob) y esperada (He), diversidad molecular media por *loci* (DML), distancia entre poblaciones, índice de fijación que estima el coeficiente de endogamia (Fis) y valor de diferenciación genética entre poblaciones (Fst). Del total de *loci* utilizados, se observó un promedio de 186 alelos utilizables; máximo de 187 en la raza Guabalá y un mínimo de 183 en la Brahman. Una media de 174 *loci* polimórficos con un máximo de 184 en genotipos cruzados y un mínimo de 149 en la raza Guabalá. Los valores de Hob, He y DML fueron 0,378, 0,439 y 0,438, respectivamente. El Análisis Molecular de Varianza (AMOVA) mostró un porcentaje de variación entre poblaciones de 19,25 e índice Fst de 0,19. El porcentaje de variación y Fst entre las razas criollas panameñas y cebuinas fueron de 5,22% y 0,22, respectivamente y el porcentaje de variación entre razas criollas y taurinas fue 1,82 con índice de diferenciación genética Fst de 0,163, respectivamente. Los valores de endogamia (Fis) oscilaron entre 0,00302 (Guaymí) a 0,04333 (Holstein); valores negativos de Fis se observaron en la raza Senepol y Guabalá por lo que se presume un efecto Wahlund. El árbol de distancias circulares mostró un comportamiento similar a los reportados en trabajos realizados con microsatélites al igual que lo observado en el AMOVA y Fst en las poblaciones. Los resultados preliminares apuntan a que los marcadores de polimorfismo de nucleótido simple utilizados tienen potencial para estudios de diversidad genética y se recomienda ampliar el estudio a más razas y números de animales.

**Palabras claves:** Bioinformática, biotecnología, marcadores moleculares, ganadería.

<sup>1</sup>Recepción: 5 de junio de 2020. Aceptación: 23 de julio de 2020. Trabajo realizado en el Proyecto: Conservación y Uso de Bovino Criollo Panameño, con financiamiento del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al igual que al Sistema Nacional de Investigación (SNI).

<sup>2</sup>IDIAP. Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA), Ciudad del Saber. Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: [villalobos.axel@gmail.com](mailto:villalobos.axel@gmail.com)

<sup>3</sup>IDIAP. LABMA, Ciudad del Saber. Lic. en Biotecnología.

<sup>4</sup>Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IMELCF), Los Llanos de Curundu. Lic. en Biotecnología Laboratorio Biomolecular.

<sup>5</sup>IDIAP. LABMA, Ciudad del Saber. M.Sc. Fitomejoramiento.



## REDUCED PANEL OF SINGLE-NUCLEOTIDE POLYMORPHISMS FOR BIODIVERSITY STUDIES IN BOVINES

### ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate a reduced panel of 200 single-nucleotide polymorphisms markers recommended by International Society of Animal Genetics and the International Committee for Animal Recording, using Next Gen Sequencing sequencing. Parameters such as number of usable *loci*, *loci* polymorphism, observed heterozygosity (Hob) and expected (He), average molecular diversity per *loci* (DML), distance between populations, fixation index that estimates the coefficient of inbreeding (Fis) and genetic differentiation value between populations (Fst). Of the total *loci* used, an average of 186 usable alleles were observed: maximum of 187 in the Guabala breed and a minimum of 183 in the Brahman. An average of 174 polymorphic *loci* with a maximum of 184 in crossed genotypes and a minimum of 149 in the Guabala breed. The values of Hob, He and DML were 0,378, 0,439 and 0,438, respectively. The molecular Analysis of Variance (AMOVA) showed a percentage of variation between populations of 19,25 and Fst index of 0,19. The percentage of variation and Fst between the Panamanian Creole and Zebu breeds were 5,22% and 0,22, respectively and the percentage of variation between Creole and Taurine breeds was 1,82% with genetic differentiation value (Fst) of 0,163, respectively. The Fis values ranged from 0,00302 (Guaymi) to 0,04333 (Holstein); negative values of Fis were observed for Senepol and Guabala breeds, so a Wahlund effect is presumed. The tree of circular distances showed a similar behavior to those reported in a previous work carried out with microsatellites, as was observed in the AMOVA and Fst in the populations. Preliminary results suggest that the single nucleotide polymorphism markers used have potential for genetic diversity studies and it is recommended to extend the study to more breeds and numbers of animals.

**Key words:** Bioinformatics, biotechnology, molecular markers, livestock.

### INTRODUCCIÓN

La identificación, registro y monitoreo del movimiento del ganado es una parte esencial de la política agrícola para los gobiernos nacionales. Dichos esquemas apuntan hacia el control de enfermedades, la garantía de higiene, seguridad de los alimentos y facilitan el retiro de un producto si es necesario (Allen et al., 2010). Muchos países del mundo desarrollado han adoptado bases de datos nacionales, mediante etiquetas numeradas, para registrar la identidad y movimiento del ganado (Houston, 2001; Buick, 2004). La globalización ha fortalecido los procesos para mejorar la trazabilidad de los



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

animales y los consumidores modernos que se enfrentan a una mayor diversidad de fuentes de alimentos, también pueden enfrentar riesgos elevados como resultado de una mayor probabilidad de contaminación química o patogénica en los alimentos (Caporale et al., 2001; MacKean, 2001).

Los microsatélites o las repeticiones cortas en tándem (SSR o STR por sus acrónimos en inglés para *simple sequence repeat* y *short tandem repeat*) han sido los marcadores genéticos de elección para estudios de biodiversidad durante más de dos décadas. Presentan alto polimorfismo, son informativos y se encuentran intercalados a lo largo del genoma (Baumung et al., 2004; Tian et al., 2008), sin embargo, existen variaciones en los resultados con los STR por diferentes laboratorios y no siempre son comparables debido a las inconsistencias y errores en el cálculo del tamaño de alelo.

Los avances recientes en la secuenciación de ADN de alto rendimiento y la bioinformática ha hecho que sea popular el uso del polimorfismo de un solo nucleótido o SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*, pronunciado *snip*) (Heaton et al., 2002).

El polimorfismo de un solo nucleótido o SNP es una variación en la secuencia de ADN que afecta a una sola base de una secuencia del genoma (Brookes, 1999; Vignal et al., 2002). Se encuentran distribuidos por todo el genoma y pueden localizarse tanto en regiones codificantes como no codificantes (Sachidanandam et al., 2001).

En términos de información, un marcador bialélico podría considerarse como un retroceso, sin embargo, los SNP tienen algunas ventajas donde se incluye una mayor abundancia (Heaton et al., 2005), estabilidad genética en mamíferos (Markovtsova et al., 2000; Nielsen, 2000; Thomson et al., 2000), nomenclatura más sencilla, capacidad para el análisis automatizado y la interpretación de datos (Wang et al., 1998; Lindblad-Toh et al., 2000). En varias especies domésticas, incluido el bovino, están disponibles decenas de miles de marcadores SNP ubicados en todo el ADN (Matukumalli et al., 2009). La disponibilidad de genotipos de estos SNP permite estimar la composición de la raza de animales individuales utilizando datos genómicos (Frkonja et al., 2012; Hulsegge et al., 2013). En la práctica la mayoría de los SNP presentan solamente dos variantes, la secuencia original y la versión mutada. Esto se debe a la vía en que estos aparecen y se



distribuyen en una población, aunque no se descarta la posterior aparición de nuevos alelos (Terry, 2008). Para instaurar una metodología práctica y sencilla de análisis de ADN, se necesita un método rápido y confiable para la caracterización genética de una población de animales, distinguiendo a los animales cruzados de las razas puras y para determinar la composición de la raza o proporción de mezcla (Hulsegge et al., 2019). El objetivo de este trabajo fue validar un panel reducido de 200 marcadores SNP recomendados por la Sociedad Internacional de Genética Animal (ISAG) y el Comité Internacional de Registro de Animales (ICAR) mediante un panel de secuenciación de siguiente generación (NGS) para realizar estudios de diversidad genética bovina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó el polimorfismo de 200 marcadores SNP recomendados por la Sociedad Internacional de Genética Animal (ISAG) y Comité Internacional de Registro de Animales (ICAR), mediante secuenciación de siguiente generación NGS (ISAG, 2013; Strucken et al., 2013). Se tomaron muestras aleatorias de 73 animales de diversos genotipos puros, (Brahman; Holstein; Senepol; Guaymí y Guabalá) y europeo x cebú, EXC e Indefinidos, SRD. Se tomaron muestras de sangre en finca de productores colaboradores y en fincas ganaderas del IDIAP utilizando tubos con anticoagulante EDTA de 5 ml. La extracción de ADN se llevó a cabo mediante mini columnas por centrifugación utilizando un kit comercial; el rendimiento de ADN obtenido fue de 50 ng, medido a través de un cuantificador fluorométrico. La preparación de librerías se realizó siguiendo el flujo de trabajo para kit de parentesco bovino. Una vez amplificadas y normalizadas las librerías, se verificó la calidad mediante un analizador de fragmentos, observándose un tamaño entre 200 y 300 bp. Luego se procedió a secuenciar, utilizando la metodología de amplificación en puente y secuenciación por síntesis. Los datos fueron exportados al programa análisis de secuenciación de genotipos para su procesamiento y posterior análisis. Se calculó la frecuencia alélica y genotípica global y de cada población. Para evaluar la variabilidad genética dentro de cada genotipo, se calcularon los siguientes parámetros: número de *loci* utilizables (NLU), polimorfismo de *loci* empleados (PLE), heterocigosis observada (Hob) y esperada (He), diversidad molecular media por *loci* (DML), índice de fijación que estima el coeficiente de endogamia (Fis) entre individuos de una población, utilizando el programa Genetix v. 4.02 y Genalex 6.5 (Belkhir et al., 2004; Peakall y Smouse, 2012). Se practicó un análisis factorial de correspondencias (AFC), mediante el programa Genetix v. 4.02



(Belkhir et al., 2004). Para estimar el valor de diferenciación genética entre las poblaciones o  $F_{st}$  se practicó un análisis de varianza molecular (AMOVA mediante el paquete Arlequin 3.01 (Excoffier, et al., 1992; Weir, 1996; Excoffier et al., 2005) y la distancia entre poblaciones mediante la estimación de árboles de distancias circulares (Bryant and Moulton, 2004; Huson and Bryant, 2006).

Se utilizó la versión 2.2.3 del programa Structure (Pritchard et al., 2000), para identificar la estructura de las K poblaciones utilizadas y, al mismo tiempo, calcular las proporciones de mezcla. Se evaluó la estructura de cada población utilizando todo el conjunto de las muestras ( $n = 73$ ), y suponiendo que estos pertenecen a un número desconocido de K grupos de individuos genéticamente distintos. Este programa consiste en un modelo de convergencia bayesiano fundamentado en el método de Monte Carlo Cadena de Markov (MCMC), que utiliza modelos basados en agrupamientos de individuos. Los criterios de agrupación fueron el de reducir al mínimo el equilibrio Hardy-Weinberg y la fase de desequilibrio entre *loci*, dentro de los grupos. Se asignó el valor de probabilidad posterior de K (log likelihood; lnL) desde 2 hasta 7, con un periodo inicial (burn-in period) de 50000 mil iteraciones, sin información previa, y 100000 iteraciones. Sin embargo, un estudio de Evanno et al. (2005) mostró que la longitud del burn-in y MCMC de 10000 cada uno era suficiente para el análisis, y un mayor burn-in o MCMC no cambia significativamente los resultados. Sin embargo, se realizaron tres simulaciones independientes para K de 2 hasta 7 y, con las matrices obtenidas, se obtuvo el alineamiento óptimo de cada una de las tres réplicas mediante el programa CLUMPP (Jakobsson and Rosenberg, 2007). Se identificó la K más probable a través de la determinación de la distribución modal de  $\Delta K$  (Evanno et al., 2005). También fue estimada la proporción de membresía individual (q) en las poblaciones pre-definidas de cada grupo. Se obtuvo una representación gráfica de los coeficientes de pertenencia individuales, en cada población ancestral con la mayor probabilidad posterior de los datos en cada valor de K. El análisis también permitió la estimación de individuos puros ( $Q \geq 0,80$ ) de los grupos formados, así como el de individuos mezclados ( $Q < 0,80$ ), entre los diferentes K (Li et al., 2005). El programa DISTRUCT® (Rosenberg, 2004) también fue empleado en la representación gráfica de la estructura de la población, por tener una mayor variedad de colores disponibles.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de 200 *loci* utilizados, se observó una media de 186 NLU; un máximo de 187 en la raza Guabalá y un mínimo de 183 en la Brahman. Se obtuvo una media de 171,6 *loci* polimórficos con un máximo de 184 en genotipos cruzados y un mínimo de 149 en la raza Guabalá (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Valores de Loci y de genotipos de razas Brahman, Holstein, Senepol, Guaymí y Guabalá, mediante el uso de 200 marcadores del polimorfismo de un solo nucleótido.**

	BRAH	HO	SEN	GUY	GUA	Media	DE
NL	200	200	200	200	200	200	
NLU	<b>183</b>	186	186	186	187	185,6	1,6
PLE	167	<b>183</b>	181	178	<b>149</b>	171,6	14,0

BRAH – Brahman; HO - Holstein; SEN - Senepol; GUY – Guaymí; GUA – Guabalá; DE – Desviación Estándar; NL - Número de *loci*; NLU - Número de *loci* utilizables; PLE - polimorfismo de *loci* empleados.

Los valores de heterocigosis observada (Hob) y esperada (He), diversidad molecular media por *loci* (DML) fueron 0,378; 0,439 y 0,438, respectivamente. Los valores altos de heterocigosis observada fueron observados en la raza Senepol con 0,462 y los bajos en la raza Brahman con 0,349, los valores de heterocigosis esperada fueron altos en Holstein con 0,471 y los bajos en Brahman con 0,361. Estos valores son mayores a los encontrados por Gautier et al. (2007) en razas europeas y africanas, quienes reportan valores de heterocigosis esperada entre 0,188 en la raza Lagune y 0,279 en la Borgou. La raza Criolla Coreña de Nayarit mostró valores similares a los reportados en este estudio, con respecto a la heterocigosis esperada y la observada con 0,326 y 0,322, respectivamente (Martínez, 2015). Resultados menores encontraron Makina et al. (2014) estudiando seis razas en el sur África observando valores de heterocigosis esperada que oscilaron entre 0,24 y 0,30. Además, los valores de heterocigosis esperada (0,31) en Holstein reportados por estos autores heterocigosis esperada (0,31) en Holstein fueron menores a los obtenidos en este trabajo (0,47).

Los valores bajos de diversidad genética en la Guabalá pueden ser atribuido a la baja población y pocos sementales disponibles, ya que la raza está amenazada con extinguirse, a diferencia del Brahman que puede ser atribuido a la presión de selección a la que son



sometidos estas poblaciones, muchas veces importados de fincas con una base genética estrecha por el uso de el mismo semental o sementales.

En cuanto a diversidad molecular media por *loci* (DML) los valores altos se encontraron en Holstein con 0,464 y bajos en Guabalá con 0,304. Los valores de Fis oscilaron entre 0,003 (Guaymí) y 0,043 (Holstein); valores negativos de Fis se observaron en la raza Senepol y Guabalá, lo que presume que existe un efecto Wahlund (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Valores de diversidad dentro de población de Brahman, Holstein, Senepol, Guaymí y Guabalá, mediante el uso de 200 marcadores del polimorfismo de un solo nucleótido.**

Genotipo	Hob	He	DML	Fis
BRAH	<b>0,349</b>	<b>0,361</b>	0,329	0,029
HO	0,454	<b>0,471</b>	<b>0,464</b>	<b>0,043</b>
SEN	<b>0,462</b>	0,453	0,440	-0,022
GUY	0,409	0,410	0,392	<b>0,003</b>
GUA	0,393	0,381	<b>0,304</b>	-0,034

BRAH – Brahman; HO - Holstein; SEN - Senepol; GUY – Guaymí; GUA – Guabalá.

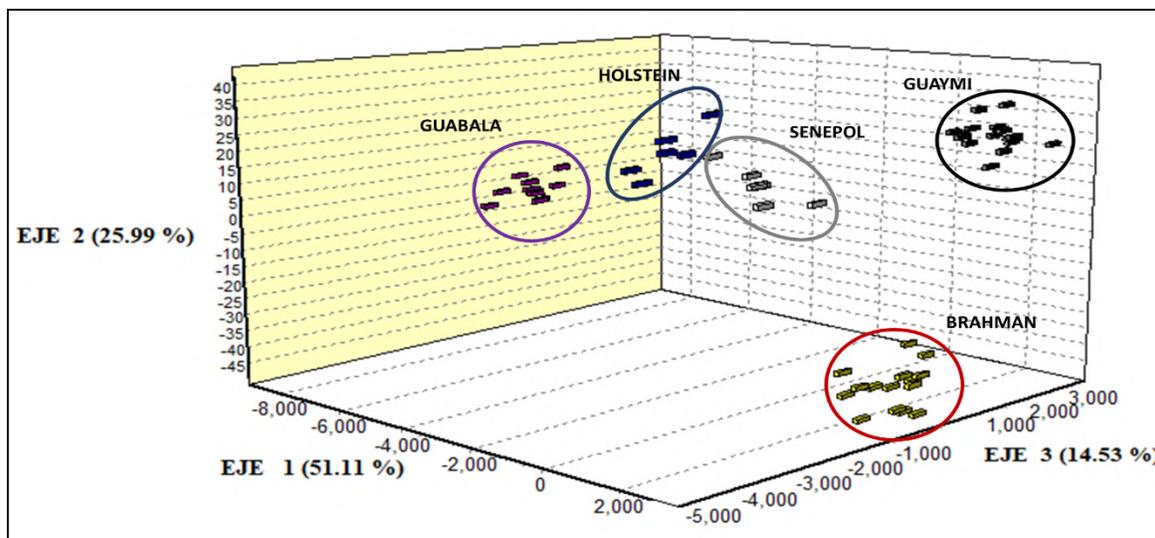
Hob - Heterocigosis observada; He - Heterocigosis esperada; DML - diversidad molecular media por loci; Fis –índice de fijación.

El análisis factorial de correspondencias logró discriminar las proporciones de varianza los cinco agrupamientos que corresponden a los cinco genotipos genéticamente homogéneos Brahman, Holstein, Senepol, Guaymí y Guabalá. El eje 1 logró explicar el 51,11%, el eje 2 el 25,99% y el eje 3 explicó el 14,53% de la varianza total (Figura 1).

El análisis de varianza molecular ilustra que la variación dentro de individuos representó el 80,75% para todos los genotipos y un porcentaje de variación entre poblaciones de 19%. Estos valores son similares a los reportados por Edea et al. (2013) en un estudio realizado con razas de Ethiopia y Korea, quienes reportan una variación genética dentro de individuos de 81,51%. El porcentaje de variación entre las razas criollas panameñas y Brahman fue de 5,22% con un índice de diferenciación genética de 0,22. El porcentaje de variación entre las razas criollas y las *Bos taurus* fue de 1,82% con índice de diferenciación genética de 0,163. Las diferencias en el porcentaje de variación de razas



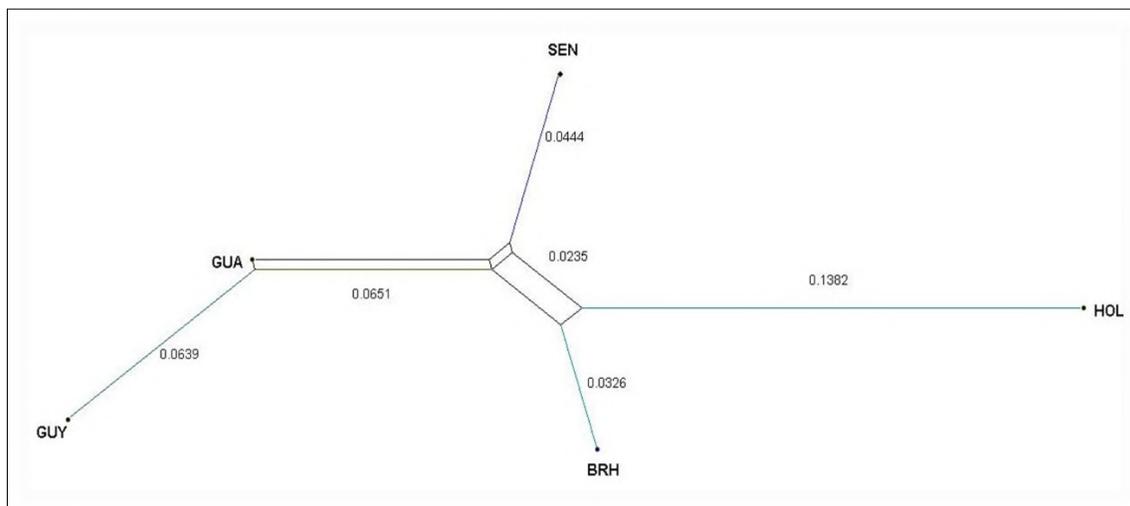
Criollas y *Bos taurus* y Criollas vs Brahman son similares a las reportadas por diversos autores utilizando marcadores microsatélites y SNP (Delgado et al., 2011; Edea et al., 2013). La diferenciación genética entre razas Criollas y *Bos taurus* fueron similares a los observados entre razas locales africanas con europeas como la Afrikaner y Holstein (0,15) y las razas Nguni y Angus (0,11); sin embargo, al igual que el presente trabajo se observó gran variabilidad entre las diversas razas que oscilan entre 0,04 y 0,15 (Makina et al., 2014).



**Figura 1. Análisis factorial de correspondencias de cinco genotipos genéticamente homogéneos en Panamá mediante 200 SNP.**

Se muestra el árbol tipo *split graph* (Figura 2) donde cada población es tratada como unidad taxonómica, resultado similar al encontrado en los análisis de microsatélites de las relaciones entre estas poblaciones; explica las diferencias entre Guaymí y Guabalá como poblaciones genéticamente homogéneas y su relación con los otros genotipos dentro de análisis (Delgado et al., 2011; Martínez et al., 2012). Igualmente, los resultados mostrados en el análisis AFC, AMOVA y  $F_{st}$ , apoyan que los SNP son útiles en el análisis de poblaciones donde se desean establecer diferencias o determinar grupos genéticos uniformes. Sin embargo, en razas con proporciones de mezcla tanto para microsatélites y los SNP, aplican otros modelos de análisis como el tipo bayesiano (Pritchard et al., 2000).





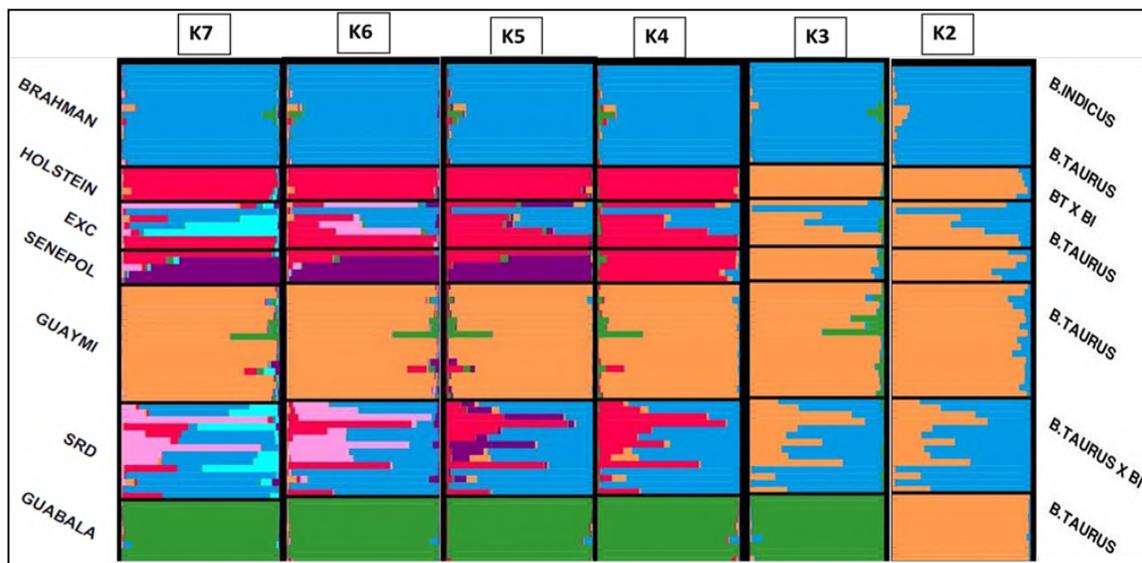
**Figura 2. Árbol de distancias circulares con el método de NeighborNet de diversas poblaciones en Panamá de cinco razas en Panamá mediante 200 SNP.**

Se muestran los valores  $q$  de cada genotipo en los distintos valores de  $K$ , desde  $K=2$  hasta  $K=7$  (Figura 3). Cuando  $K=2$ , se muestran los valores de  $q$  representados mediante un sistema de colores separando los grupos genéticos, *Bos taurus* (naranja) y *Bos indicus* (azul) y se aprecia la proporción de mezcla entre el componente cebú con las poblaciones Senepol, europeos x cebú e indefinidos. Cuando  $K=3$  se observa la partición de colores, de los genotipos Brahman (azul), Guabalá (verde) y Guaymí (naranja). Cuando  $K=4$  y  $K=5$  se observan las particiones de las poblaciones Holstein (rojo) y Senepol (morado) y se mantiene esta estructura hasta  $K=7$ . Dentro de estas particiones se observa que dentro el grupo asignado como Senepol, este no se encuentra en el clúster correspondiente, sino que se ubica dentro de la raza Holstein, por lo que probablemente se ha asignado erróneamente durante su registro al momento del muestreo.

Al incrementar el valor de  $K$  desde  $K=6$  hasta  $K=7$  se observa la aparición de una partición de colores celeste y rosado dentro de los genotipos EXC (europeos x cebú) y SRD (indefinidos), lo que se puede interpretar, que son genotipos distintos y no identificados dentro de las poblaciones puras presentes en este trabajo. Existe la probabilidad que, al incrementar los datos con nuevos genotipos se pueda identificar a cuál raza o genotipo está relacionado. Estos resultados son similares a los obtenidos en los análisis con microsatélites por Delgado et al. (2011) quienes trabajaron con 26 razas bovinas de



América Latina y Martínez et al. (2012) con 86 razas de Iberoamérica y que ha permitido la identificación de nuevas poblaciones de animales domésticos no solo de bovinos como el presente trabajo, sino de otras especies domésticas como cabras y ovejas, entre otras especies (Manunza et al., 2016; El Motchou et al., 2018).



**Figura 3. Proporción de mezclas sobre siete poblaciones cuando K=2 hasta K=7.**

Se presenta la matriz de proporción de mezcla (Q) para todas las poblaciones evaluadas donde K=6 (Cuadro 3). Se observa que las poblaciones que mostraron poblaciones genéticamente homogéneas en el K=6 ( $Q > 0,90$ ) fueron la Brahman, Holstein, Guaymí y Guabalá. La Senepol mostró una menor proporción de homogeneidad  $Q = 0,70$ , sin embargo, cuando se evalúa a nivel individual se encontró que uno de los animales asignado como Senepol, realmente se agrupó con el clúster de Holstein con  $q = 0,9570$  y un segundo animal presentó una proporción de mezcla de  $q = 0,6570$  para el clúster de Senepol y  $q = 0,2880$  para el clúster de Holstein. El resto de los ejemplares de Senepol tuvieron valores que oscilaron entre  $q = 0,9000$  y  $q = 0,9840$ , considerados como representantes puros de la raza.



**Cuadro 3. Matriz de proporción de mezcla Q, para K=6.**

	1	2	3	4	5	6
<b>BRAH</b>	0,006	<b>0,962</b>	0,011	0,006	0,005	0,010
<b>HO</b>	0,011	0,003	0,006	0,006	<b>0,959</b>	0,015
<b>EXC</b>	0,026	<b>0,290</b>	0,013	<b>0,219</b>	<b>0,436</b>	0,016
<b>SEN</b>	<b>0,702</b>	0,006	0,013	0,016	<b>0,256</b>	0,006
<b>GUAY</b>	0,012	0,007	0,034	0,007	0,012	<b>0,928</b>
<b>SRD</b>	0,021	<b>0,538</b>	0,004	<b>0,264</b>	<b>0,160</b>	0,012
<b>GUAB</b>	0,005	0,008	<b>0,974</b>	0,004	0,004	0,005

BRAH – Brahman; HO - Holstein; SEN - Senepol; GUY – Guaymí; GUA – Guabalá-; EXC- europeos x cebú; SRD- indefinidos.

La capacidad de establecer la proporción de mezcla entre razas es de gran utilidad como herramienta para identificar y caracterizar nuevas poblaciones, al igual que en el control de filiación, casos de hurto pecuario y en los últimos años como herramienta para la identificación de productos comerciales protegidos con garantías de certificación de origen, lo que representa una ventaja sobresaliente y un avance científico importante como una estrategia de identificar individuos dentro de programas de trazabilidad genética. Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Gorbach et al. (2010), sin embargo, el número de marcadores utilizados fueron mucho mayores a los empleados en este trabajo. Por el contrario, los del presente trabajo, fueron mayores a los utilizados por Fresno et al. (2017) en Las Islas Canarias, al validar exitosamente un panel reducido de 150 marcadores SNP para estimar sub-productos autóctonos con denominación de origen, mostrando una alta capacidad de discriminación (>99%) para asignación individual y pruebas de paternidad y una capacidad de asignación racial superior al >80%. Igualmente, Hulsegge et al. (2019) utilizaron un panel reducido de 133 marcadores SNP con la finalidad de evaluar la pureza racial de seis razas locales en Holanda. En todos los casos previamente mencionados la capacidad de discriminación de razas puras y mezcladas fue significativa. Incluso en el presente trabajo se logró determinar valores altos de pureza racial, similares a los observados en otros trabajos, incluyendo la proporción de mezcla de los genotipos empleados en el presente estudio.



## CONCLUSIÓN

Los resultados apuntan a que los marcadores SNP tienen potencial para realizar estudios de diversidad genética, estimación de pureza racial y proporción de mezclas de genotipos cruzados, particularmente con la utilización de modelos bayesianos. Se sugiere continuar ampliando el estudio a mayor cantidad de razas y números de animales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, A.R., M. Taylor, B. McKeown, A.L. Curry, J.F. Lavery, A. Mitchell, D. Hartshorne, R. Fries, and R.A. Skuce. 2010. Compilation of a panel of informative single nucleotide polymorphisms for bovine identification in the Northern Irish cattle population. *BioMed Central Genetics* 11: e5. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-5> (consultado 20 jul. 2019).
- Baumung, R., H. Simianer, and I. Hoffmann. 2004. Genetic diversity studies in farm animals—a survey. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 121(6): 361-373. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2004.00479.x>
- Belkhir, K., P. Borsa, L. Chikhi, N. Raufaste, and F. Bonhomme. 2004. GENETIX 4.05, logiciel sous Windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier. <https://kimura.univ-montp2.fr/genetix/> (consultado 20 jul. 2019).
- Brookes, A.J. 1999. The essence of SNPs. *Gene*, 234(2): 177-186. [https://doi.org/10.1016/s0378-1119\(99\)00219-x](https://doi.org/10.1016/s0378-1119(99)00219-x)
- Bryant, D., and V. Moulton. 2004. Neighbor-Net: an agglomerative method for the construction of phylogenetic networks. *Molecular Biology Evolution*. 21: 255-265. <https://doi.org/10.1093/molbev/msh018>
- Buick, W., 2004. Animal Passports and Identification. *Defra Veterinary Journal* 15: 20–26. <http://www.defra.gov.uk/animalh/svj/vol1501/chap4.pdf> (consultado 21 sept. 2018).



- Caporale, V., A. Giovannini, C. Di Francesco, and P. Calistri. 2001. Importance of the traceability of animal products in epidemiology. *Revue Scientifique et Technique*. 20: 372-378. <https://doi.org/10.20506/rst.20.2.1279>
- Delgado, J.V., A.M. Martínez, A. Acosta, L.A. Alvarez, E. Armstrong, E. Camacho, J. Canon, O. Cortes, S. Dunner, V. Landi, J.R. Marques, I. Martín-Burriel, O.R. Martínez, R.D. Martínez, L. Melucci, J.E. Muñoz, M.C. Penedo, A. Postiglioni, J. Quiróz, C. Rodellar, P. Sponenberg, O. Uffo, R. Ulloa-Arvizu, J.L. Vega-Pla, A. Villalobos, D. Zambrano, P. Zaragoza, L.T. Gama, and C. Ginja. 2011. Genetic characterization of Latin-American Creole cattle using microsatellite markers. *Animal Genetics*. 43:2–10 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02207.x>
- Edea, Z., H. Dadi, S.W. Kim, T. Dessie, T. Lee, H. Kim, J.J. Kim, and K.S. Kim. 2013. Genetic diversity, population structure and relationships in indigenous cattle populations of Ethiopia and Korean Hanwoo breeds using SNP markers. *Frontier Genetics*. 4:35. <https://doi.org/10.3389/fgene.2013.00035>.
- El Moutchou, N., A. González, M. Chentouf, K. Lairini, M.E. Muñoz-Mejías, and E. Rodero. 2018. Exploring the genetic diversity and relationships between Spanish and Moroccan goats using microsatellite markers. *Small Ruminant Research*, 165, 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.04.003>.
- Evanno, G., S. Regnaut, and J. Goudet. 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology*. 14:2611-2620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2005.02553.x>[10.1111/j.1365-294x.2005.02553.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2005.02553.x)
- Excoffier, L., P.E. Smouse, J.M. Quattro. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131:479 - 491. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1205020/pdf/ge1312479.pdf> (consultado 15 mayo 2017).



- Excoffier, L., G. Laval, and S. Schneider. 2005. Arlequin (version 3.0): an integrated software package for population genetics data analysis. *Evol. Bioinform.* 1:47-50.
- Excoffier, L., Laval, G., & Schneider, S. (2005). Arlequin (version 3.0): An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics*, 1, 117693430500100. <https://doi.org/10.1177/117693430500100003>
- Frkconja, A., B. Gredler, U. Schnyder, I. Curik, and J. Sölkner. 2012. Prediction of breed composition in an admixed cattle population. *Animal Genetics*. 43:696–703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02345.x>
- Fresno, M.R., V. Landi, A.M. Martínez, M.M. Gómez, J.A. Bouzada, M.E. Camacho, J.Capote, and J.V. Delgado. 2017. Validación de marcadores SNP como herramienta para la identificación de productos en caprinos autóctonos españoles. En: XX Simposio Iberoamericano sobre conservación y utilización de recursos zoogenéticos. Validación de marcadores SNP´s como herramienta para la identificación de productos en caprinos autóctonos españoles. Red Conbiand. Chiquimula, Guatemala. p.16 [http://www.uco.es/conbiand/pdf/acta\\_guatemala2017.pdf](http://www.uco.es/conbiand/pdf/acta_guatemala2017.pdf) [10.1111/j.1365-2052.2012.02345.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02345.x) (consultado 20 ago. 2019).
- Gautier, M., T. Faraut, K. Moazami-Goudarzi, V. Navratil, M. Foglio, C. Grohs, A. Boland, J.G. Garnier, D. Boichard, G.M. Lathrop, I.G. Gut, and A. Eggen, A. 2007. Genetic and haplotypic structure in 14 European and African cattle breeds *Genetics* 177:1059–1070. <https://doi.org/10.1534/genetics.107.075804>
- Gorbach, D. M., M.L. Makgahlela, J.M. Reecy, S.J. Kemp, I. Baltenweck, R. Ouma, O. Mwai, K. Marshall, B. Murdoch, S. Moore, and M.F. Rothschild. 2010. Use of SNP genotyping to determine pedigree and breed composition of dairy cattle in Kenya. *Journal of animal breeding and genetics = Zeitschrift fur Tierzuchtung und Zuchtungsbiologie*, 127(5), 348–351. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2010.00864.x>
- Heaton, M.P., G.P. Harhay, G.L. Bennett, R.T. Stone, W.M. Grosse, E. Casas, J.W. Keele, T.P. Smith, C.G. Chitko-McKown, and W.W. Laegreid. 2002. Selection and use of SNP



markers for animal identification and paternity analysis in U.S. beef cattle. *Mammalian Genome* 13:272-281. <https://doi.org/10.1007/s00335-001-2146-3>

Heaton, M.P., J.E. Keen, M.L. Clawson, G.P. Harhay, N. Bauer, C. Shultz, B.T. Green, L. Durso, C.G. Chitko-McKown, and W.W. Laegreid. 2005. Use of bovine single nucleotide polymorphism markers to verify sample tracking in beef processing. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 226(8): 1311-1314. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1311>

Houston, R. 2001. A computerised database system for bovine traceability. *Revue Scientifique et Technique*. 20:652-661. <https://doi.org/10.20506/rst.20.2.1293>.

Hulsegge, B., M.P.L. Calus, J.J. Windig, A.H. Hoving-Bolink, M.H.T. Maurice-van Eijndhoven, and S.J. Hiemstra. 2013. Selection of SNP from 50 K and 777 K arrays to predict breed of origin in cattle. *Journal of Animal Science*. 91:5128–5134. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6678>

Hulsegge, I., M. Schoon, J. Windig, M. Neuteboom, S.J. Hiemstra, & A. Schurink. 2019. Development of a genetic tool for determining breed purity of cattle. *Livestock Science*, 223, 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.002>

Huson, D.H., and D. Bryant. 2006. Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. *Molecular Biology Evolution*. 23:254-267. <https://doi.org/10.1093/molbev/msj030>

ISAG (International Society of Animal Genetics). 2013. ISAG cattle core and additional SNP panel. <http://www.isag.us/committees.asp?autotry=true&ULnotkn=true>

Jakobsson, M., and N.A. Rosenberg. 2007. CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. *Bioinformatics* 23:1801–1806. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btm233>



- Li, M.H., K. Sternbauer, P. Haahr, and L. Kantanen. 2005. Genetic components in contemporary Faroe Islands Cattle as revealed by microsatellite analysis. *Journal Animal Breeding and Genetics* 122:309-317. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2005.00534.x>
- Lindblad-Toh, K., E. Winchester, M.J. Daly, D.G. Wang, J.N. Hirschhorn, J.P. Lavolette, K. Ardlie, D.E. Reich, E. Robinson, and P. Sklar. 2000. Large-scale discovery and genotyping of single-nucleotide polymorphisms in the mouse. *Nature genetics* 24(4): 381-386. <https://doi.org/10.1038/74215>
- Markovtsova, L., P. Marjoram, and S. Tavaré. 2000. The age of a unique event polymorphism. *Genetics* 156(1): 401. <https://www.genetics.org/content/genetics/156/1/401.full.pdf> (consultada 18 mar. 2018).
- McKean, J.D. 2001. The importance of traceability for public health and consumer protection. *Revue Scientifique et Technique*. 20:363-371. <https://doi.org/10.20506/rst.20.2.1280>
- Makina, S.O., F.C. Muchadeyi, E. van Marle-Köster, M.D. MacNeil, and A. Maiwashe. 2014. Genetic diversity and population structure among six cattle breeds in South Africa using a whole genome SNP panel. *Frontiers in Genetics*, 5: 333. <https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00333>
- Manunza, A., T. Cardoso, A. Noce, A. Martínez, A. Pons, L.A. Bermejo, V. Landi, A. Sánchez, J. Jordana, J.V. Delgado, S. Adán, J. Capote, O. Vidal, E. Ugarte, J.J. Arranz, J.H. Calvo, J. Casellas, and M. Amills. 2016. Population structure of eleven Spanish ovine breeds and detection of selective sweeps with BayeScan and hapFLK. *Scientific Report* 6, 27296 <https://doi.org/10.1038/srep27296>
- Martínez, AM., L.T. Gama, J. Canon, C. Ginja, J.V. Delgado, S. Dunner, V. Landi, I. Martín-Burriel, I., M.C.T. Penedo, C. Rodellar, J.L. Vega-Pla, A. Acosta, L.A. Alvarez, E. Camacho, O. Cortés, J.R. Marques, R. Martínez, R.D. Martínez, L. Melucci, G. Martínez-Velázquez, J.E. Muñoz, A. Postiglioni, J. Quiroz, P. Sponenberg, O. Uffo, A.



- Villalobos, D. Zambrano, and P. Zaragoza. 2012. Genetic footprints of Iberian cattle in America 500 years after the arrival of Columbus. PLoS One. 7: e49066 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02207.x>
- Martínez, C.P. 2015. Estimación de la diversidad genética mediante marcadores SNP en bovino Criollo Coreño (*Bos taurus*). Tesis Licenciatura. Universidad de Guadalajara [http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5982/Martinez\\_Ruiz\\_Claudia\\_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5982/Martinez_Ruiz_Claudia_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consulta 10 mar. 2020)
- Matukumalli, L.K., C.T. Lawley, R.D. Schnabel, J.F. Taylor, M.F. Allan, M.P. Heaton, J. O'Connell, S.S. Moore, T.P.L. Smith, T.S. Sonstegard, and C.P. Van Tassell. 2009. Development and characterization of a high-density SNP genotyping assay for cattle. PLoS ONE 4 (4), e5350. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1758>
- Nielsen, R. 2000. Estimation of population parameters and recombination rates from single nucleotide polymorphisms. Genetics 154(2): 931. <https://www.genetics.org/content/154/2/931.long> (consultado 10 jul. 2018).
- Pritchard, J.K., M. Stephens, and P. Donnelly. 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155:945-959. <https://www.genetics.org/content/155/2/945> (consultado 21 sept. 2018).
- Peakall, R., and P.E. Smouse. 2012. GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinformatics 28:2537-2539. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460>
- Rosenberg, N.A. 2004. Distruct: a program for the graphical display of population structure. Mol. Ecol. Notes 4: 137–138. <https://doi.org/10.1046/j.1471-8286.2003.00566.x>
- Sachidanandam, R., D. Weissman, S.C. Schmidt, J.M. Kakol, L.D. Stein, G. Marth, S. Sherry, J.C. Mullikin, B.J. Mortimore, and D.L. Willey. 2001. A map of human genome sequence variation containing 1.42 million single nucleotide polymorphisms. Nature 409 (6822): 928-933. <https://doi.org/10.1038/35057149>



- Strucken, EM; B. Gudex, M.H. Ferdosi, H.K. Lee, K.D. Song, J.P. Gibson, M. Kelly, E.K. Piper, L.R. Porto-Neto, S.H. Lee, and C. Gondro. 2013. Performance of different SNP panels for parentage testing in two East Asian cattle breeds. *Anim Genet.* 45: 572–5. <https://doi.org/10.1111/age.12154>
- Terry, B. 2008. *Genomas*. 3a Ed. Buenos Aires: Médica Panamericana. 760 p.
- Tian, F., D. Sun, and Y. Zhang. 2008. Establishment of paternity testing system using microsatellite markers in Chinese Holstein. *Journal of Genetics and Genomics*, 35(5), 279-284. [https://doi.org/10.1016/s1673-8527\(08\)60040-5](https://doi.org/10.1016/s1673-8527(08)60040-5)
- Thomson, R., J.K. Pritchard, P. Shen, P.J. Oefner, and M.W. Feldman. 2000. Recent common ancestry of human Y chromosomes: evidence from DNA sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97(13): 7360. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.13.7360>
- Vignal, A., D. Milan, M. San Cristobal, and A. Eggen. 2002. A review on SNP and other molecular markers and their use in animal genetics. *Genetic Selection Evolution* 43:275-305. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-34-3-275>
- Wang, D.G., J.B. Fan, C.J. Siao, A. Berno, P. Young, R. Sapolsky, G. Ghandour, N. Perkins, E. Winchester, and J. Spencer. 1998. Large-scale identification, mapping, and genotyping of single-nucleotide polymorphisms in the human genome. *Science* 280(5366): 1077. <https://doi.org/10.1126/science.280.5366.1077>
- Weir, B.S. 1996. *Genetic Data Analysis II: Methods for Discrete Population Genetic Data*. Sinauer Assoc., Inc; Sunderland, MA, USA: 1996. <https://archive.org/details/geneticdataanaly00weir/page/n9/mode/2up> (consultado 18 mar. 2019).



## CARACTERIZACIÓN PEDOGENÉTICA DE LOS SUELOS DEDICADOS AL CULTIVO DE CACAO ORGÁNICO, ALMIRANTE – BOCAS DEL TORO<sup>1</sup>

*Jhon Alexander Villalaz-Peréz<sup>2</sup>, José Ezequiel Villarreal-Nuñez<sup>3</sup>, Adolfo Santo-Pineda<sup>4</sup>, Abiel Gutiérrez<sup>5</sup>, Iván Alexis Ramos-Zachrisson<sup>6</sup>*

### RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de caracterizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos cultivados con plantaciones de cacao, se describió el perfil de suelo en siete fincas ubicadas en Almirante, Bocas del Toro, en el 2016. Según el sistema de clasificación Soil Taxonomy, predominó el orden inceptisol y según el sistema World Reference Base (WRB) predominó el orden cambisol. En el estudio paisajístico se encontraron árboles de diferentes especies forestales, con relieves llanos a ondulados. En todos los perfiles estudiados los suelos presentaron régimen de temperatura isohipertérmico, con régimen de humedad udico y precipitaciones alrededor de 3300 mm·año<sup>-1</sup>. Químicamente, presentaron un desbalance nutricional con deficiencias de nitrógeno, fósforo y potasio; y alto contenido de calcio y magnesio. Por otra parte, se determinó que la suma de bases es menor al 50% característico del sub grupo de suelos dístico. Los elementos menores como el cobre, hierro, zinc y manganeso mantuvieron los valores bajos en todos los perfiles. Físicamente predominaron texturas areno francosa, franco arenosa y franco arcillo arenosa. Poseen infiltraciones lentas, moderadas y algunos perfiles rápidos. Al determinar la densidad aparente se obtuvieron valores promedios de 1,0 kg·dm<sup>-3</sup>. En la parte biológica, la materia orgánica presentó valores bajos con promedios de 0,95%. Los horizontes descritos como orgánicos, presentaron altos valores de respiración del suelo. De acuerdo con los valores de infiltración básica observados, se concluyó que en los lugares donde la infiltración fue lenta, se debe mejorar su estructura aplicando cantidades adecuadas de materia orgánica, para evitar una compactación acelerada; y se debe aumentar los niveles de potasio por medio de un balance adecuado en el suelo.

**Palabras claves:** *Theobroma cacao*, Inceptisoles, Cambisoles, infiltración, respiración del suelo.

<sup>1</sup>Recepción: 17 de julio de 2020. Aceptación: 5 de agosto de 2020. Investigación Financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Proyecto: Investigación e Innovación del manejo integrado del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en zonas de pobreza rural e indígena del trópico húmedo en Bocas del Toro.

<sup>2</sup>IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Divisa (CIA Divisa). Magister en Ingeniería en Ciencias del suelo y agua. e-mail: [jvillalaz14@gmail.com](mailto:jvillalaz14@gmail.com)

<sup>3</sup>IDIAP. CIA Divisa. Ph.D. en Edafología. e-mail: [jevilla38@gmail.com](mailto:jevilla38@gmail.com)

<sup>4</sup>IDIAP. CIA Divisa. Magister en Ingeniería en Ciencias del suelo y agua. e-mail: [asantospineda@gmail.com](mailto:asantospineda@gmail.com)

<sup>5</sup>IDIAP. CIA Bocas del Toro. Ing. Agrónomo Fitotecnista. e-mail: [abiel.gutierrez@yahoo.es](mailto:abiel.gutierrez@yahoo.es)

<sup>6</sup>IDIAP. CIA Divisa. Lic. en Informática. e-mail: [jarz1103@gmail.com](mailto:jarz1103@gmail.com)



## PEDOGENETIC CHARACTERIZATION OF SOILS DEDICATED TO ORGANIC COCOA CULTIVATION, ALMIRANTE - BOCAS DEL TORO

### ABSTRACT

In order to characterize the physical, chemical and biological properties of soils cultivated with cocoa plantations, soil profiles were described in seven farms of producers located in Almirante, Bocas del Toro, in 2016. According to the Soil Taxonomy classification system, prevailed the order inceptisol and under the World Reference Base (WRB) prevailed the order cambisol. Trees of different forest species were found through the landscape study, with flat to wavy reliefs. In all the profiles studied, the soils presented an isohyperthermic temperature regime, with udic moisture regimes and precipitation around 3300 mm·year<sup>-1</sup>. Chemically, they presented a nutritional imbalance with deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium; and high calcium and magnesium content. On the other hand, it was determined that the sum of the bases is less than 50% characteristic of the subgroup of the distrito soils. Minor elements such as copper, iron, zinc, and manganese maintained low values in all profiles. Physically, predominant textures were sandy franc, sandy loam and sandy loam clay. They have slow, moderate and some rapid infiltrations profiles. Average values for bulk density resulted about 1,0 kg·dm<sup>-3</sup>. Biologically, the organic matter was low with average of 0,95%. The horizons described as organic, showed high values of soil respiration. According to the observed basic infiltration values, it was concluded that in places where the infiltration was slow, its structure must be improved by applying adequate amounts of organic matter, in order not to fall into accelerated compaction; and increase potassium levels by an adequate balance in the soil.

**Key words:** *Theobroma cacao*, Inceptisols, Cambisols, infiltration, soil respiration.

### INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación, se estudió la génesis y morfología de las áreas que se dedican al cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), bajo un sistema orgánico en el distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, Panamá. A pesar que el rubro representa una de las principales actividades económicas de esta región, muchos productores desconocen las características químicas, físicas y biológicas que están vinculadas a la nutrición de este cultivo, lo que les impide mejorar la productividad y calidad del producto.

El desarrollo de una clasificación taxonómica de suelos propone ordenar los conocimientos que luego son transferidos en tecnologías, para ser utilizados por



especialistas agrónomos, con fines agrícolas. La taxonomía de suelos debe permitir alcanzar la máxima solidez en la identificación y descripción del objeto, en este caso el suelo que sirve de soporte a distintos usos: agrícola, forestal, ingeniería civil, entre otros según (Porta et al., 2014).

En algunos países, las clasificaciones de suelos, han sido utilizadas para revisar sus propios sistemas nacionales. Ejemplo de estos sistemas de clasificación es de la Soil Taxonomy del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) y la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo conocida en inglés como World Reference Base for Soil Resources y sus siglas WRB (Gardi et al., 2014).

Es vital conocer las características del suelo, ya que de la capacidad de este recurso dependen la vida y los medios para la producción de alimentos para nuestra sociedad, según Porta et al. (2014).

Una de las características del suelo importante de estudiar es la actividad biológica, la cual es un reflejo directo de la degradación de la materia orgánica del suelo. Esta degradación indica los procesos de pérdida de carbono del suelo y entrega de nutrientes (Parkin et al., 1996).

En las clasificaciones de los suelos, otras de las características que se estudia es la física (textura, densidad aparente, conductividad hidráulica, entre otras); la textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. Una muestra de suelo está constituida por distintas combinaciones de arena, limo y arcilla, que en distintas combinaciones reciben el nombre de clases texturales (Corbella et al., 2017); para el caso del cacao, la textura recomendada corresponde a suelos francos a franco-arcillosos (Wood, 1982, Thompson y Troeh, 1982).

Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le confieren la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks et al., 2004).



En la densidad aparente, una alteración en los valores puede presentar perjuicios como demora en la emergencia de plántulas, plantas de menor altura que la normal, hojas de coloraciones no características, sistema radicular superficial, malformación radicular, encostramiento del suelo, encharcamiento, erosión excesiva y aumento en la demanda energética para trabajar el suelo (Smith et al., 2005).

La medida de la conductividad hidráulica a distintas profundidades en un suelo permite poner de manifiesto diferencias en la capacidad de transmisión de agua por los distintos horizontes debido a la heterogeneidad del suelo (anisotropía en sentido vertical) (Warrik y Nielsen, 1980). Para el cacao, u otros cultivos, es muy importante determinar la infiltración en el suelo, ya que está estrechamente relacionada con los procesos de capilaridad y de fuerzas asociadas con adhesión y cohesión de las partículas del suelo (Forero, 2000).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar químicamente, físicamente y biológicamente los suelos que se dedican al cultivo de cacao orgánico, en fincas de productores de este rubro en el distrito Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante los años 2016-2017, en el distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, contemplando siete áreas distintas con características heterogéneas (físicas y químicas), según muestras preliminares analizadas en el laboratorio de suelos y con cultivos de cacao orgánico; en donde se ubicaron los perfiles, e identificando los árboles que allí se encontraban.

La zona de estudio, según la clasificación climática de McKay (2000) presenta un Clima Tropical Oceánico. Los promedios anuales de temperatura están entre 25° y 27°C; y la precipitación anual es elevada, alcanzando los 4,346 mm; y según Köppen (1936), está clasificado como clima tropical muy húmedo (Afi); todos los meses con lluvias > 60 mm y temperatura media del mes más fresco > 18°C (IGNTG, 2007).



Este clima no posee estación seca y en todos los meses la precipitación es mayor de 100 mm de lluvia. Los vientos alisios, provenientes del Norte y del Nordeste, provocan lluvias orográficas copiosas (ANAM, 2010).

Geológicamente, la provincia de Bocas del Toro se originó de rocas sedimentarias durante el periodo Secundario. Se observan formaciones compuestas de rocas calizas, lutitas, areniscas, cenizas, tobas, lavas, andesíticas intercaladas, resaltando las dos primeras formaciones, por representar el mayor porcentaje de composición sedimentaria (ANAM, 2010).

Los análisis de suelos se realizaron en el Laboratorio de Fertilidad de Suelo del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicado geográficamente en el regimiento de Divisa, corregimiento de Los Canelos, distrito de Santa María, provincia de Herrera.

### **Se contemplaron fases de campo como:**

#### **Estudio paisajístico**

Se efectuó un inventario forestal de árboles maderables y frutales que se encontraban en el área, al igual que la determinación del porcentaje de las pendientes del suelo utilizando metodología FAO (2000) y el instrumento clinómetro; al igual los tipos de relieve (Figura 1).

#### **Estudio morfológico y descriptivo del perfil**

Se ubicaron las coordenadas de cada calicata o cajuelas y se construyeron a profundidades de 1,50 m o más dependiendo de las propiedades del perfil del suelo, según procedimiento de la USDA (2014) and IUSS Working Group WRB (2015).

Se describió cada horizonte del perfil por localización, y se procedieron a extraer las muestras de suelo para sus respectivos análisis físico, químicos y biológicos en el laboratorio.



Al lado de cada calicata se realizaron pruebas de infiltración de agua en el suelo con metodología de doble anillo o método de Muntz (Figura 2) y se determinó la infiltración básica, según la metodología de Kostiakov (Tafur, 1988).

Se determinaron, en los espesores y límites de los horizontes: color en húmedo del suelo, textura, fragmentos rocosos, pedregosidad y rocosidad, estructura, consistencia y profundidad del suelo, raíces presentes, según metodología (Porta y López, 2005).

En el laboratorio de fertilidad de suelos, se determinaron: la textura, densidad aparente, color en seco, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, permeabilidad, capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, contenido de cobre, hierro, cinc, manganeso, calcio, magnesio, fósforo, materia orgánica, potasio, nitrógeno, aluminio, aluminio extraíble, potencial de hidrogeno y la conductividad eléctrica, según metodología descrita por (Villarreal y Name, 1996).



**Figura 1. Determinación de la pendiente del terreno en la localidad de Valle de Agua. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**



**Figura 2. Determinar de la velocidad de infiltración del suelo en la localidad de Valle Riscó. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta el estudio paisajístico (Cuadro 1), de las áreas estudiadas en la investigación donde se encontró 10 especies distintas, entre maderables, frutales y algunas especies temporales como el plátano, que sirven como componentes agroforestales para este tipo de rubro.

**Cuadro 1. Estudio paisajístico de las áreas estudiadas. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**

Perfil	Ubicación	Coordenadas		Elev msnm	Pend %	Vegetación		Descripción (Relieve y pedregosidad) (SSDS, 2017)
		Latitud N	Longitud O			N. Científicos	N. Común	
1	Río Oeste	9° 15' 19,1276"	82° 24' 51,1833"	19	10	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Terminalia amasonia</i> <i>Batris gasipaes</i>	Laurel Roble Cedro Amarillo Pixbae	Relieve colinado. con muy pocas rocosidad
2	Río Oeste	9° 15' 16,3408"	82° 20' 8902"	42	3	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Musea paradiseaca</i>	Laurel Roble Cedro Pixbae Plátano	Relieve ondulado Muy poca rocosidad
3	Río Oeste	9° 15' 40,039"	82° 25' 20,6579"	33	15	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Musea paradiseaca</i>	Laurel Roble Cedro Pixbae Plátano	Relieve colinado. Sin pedregosidad
4	Valle Riscó	9° 14' 0,07"	82° 25' 36,736"	136	40	<i>Cordia alliodora</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cedrela odorata</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Musea paradiseaca</i> <i>Vochysia ferruginea</i>	Laurel Roble Cedro Pixbae Plátano Mayo	Relieve disectado. rocosidad medianas y grandes
5	Valle de Agua	9° 14' 0,621"	82° 23' 17,17"	261	5	<i>Cedrela odorata</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Batris gasipaes</i> <i>Rollinita deliciosa</i> <i>Citrus sinensis</i> <i>Coffea arabica L.</i>	Cedro Laurel Pixbae Beribé Naranja Café	Relieve fuertemente ondulado. Poca rocosidad
6	Nuevo Paraiso	9° 16' 32,8638"	82° 25' 6,1253"	54	10	<i>Cedrela odorata</i> <i>Cordia alliodora</i> <i>Musea paradiseaca</i> <i>Spondia mombis</i> <i>Pteridium aquilinum</i>	Cedro Laurel Plátano Jobo Helecho	Relieve fuertemente ondulado. Poca rocosidad
7	Nuevo Paraiso	9° 16' 49,52.524"	82° 24' 51,250"	10	2	<i>Cedrela odorata</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Musea paradiseaca</i>	Cedro Roble Platano	Relieve llano o casi llano. Poca rocosidad



### **Características morfológicas, físicas, químicas y biológicas de suelos**

Según sus características morfológicas, seis de los perfiles estudiados, presentaron epipedones ócricos sobre un endopedones cámbicos y uno presentó un horizonte úmbrico, sobre un endopedón cámbico. Sus estructuras se caracterizaron por tener forma de bloques sub angulares y permeabilidades, con valores promedios que oscilan de 1,80 a 85,0 cmh<sup>-1</sup> clasificados en intervalos de moderados a rápidos (Cisneros, 2003).

Los perfiles evaluados, se caracterizaron por tener textura franca, franca arenosa y areno francosa, en la gran mayoría de sus horizontes, coincidiendo con Wood (1982), donde se manifiesta que los mejores suelos para el cultivo de cacao presentan textura franca o franco arenosa.

Se ubican los valores encontrados en la suma de las bases (Ca, Mg, K, Na), Cuadro 2, se observan lixiviaciones en todos los perfiles estudiados y son considerados como suelos de grandes grupos Dystrochrerpts (USDA, 2014).

El contenido de carbón orgánico del suelo encontrado en todos los horizontes de los perfiles, varío de bajo a medio, disminuyendo a medida que se profundizaba en el perfil.

### **Características físicas**

La densidad aparente del suelo en todos los perfiles de los horizontes genéticos alcanzó valores promedios de 1,0 kg·dm<sup>-3</sup>. Con respecto al color, existieron variaciones en su matiz encontrando valores desde 2,5 YR en húmedo, como 7,5 YR en seco; pero en su valor y croma no hay mucha variación, ya que se encontró colores amarillentos observados en seco en todos los perfiles.

Al determinar la infiltración básica o velocidad de infiltración (Cuadro 3), se encontró valores desde muy lento (perfil n° 1 y 5); moderadamente lento (perfil n° 3 y 7); moderado (perfil n° 2); y rápidos (perfil n° 4 y 6); según USDA (1999), siendo los perfiles N° 4 y 6, los de mayor infiltración (rápida), y el perfil N° 1 y 5 el de menor infiltración (lenta). La infiltración determinada como lenta pudo haber sido consecuencia de una formación de una capa dura en el suelo, en la superficie, tal como indicó Hillel (1982).



**Cuadro 2. Bases intercambiables y suma de bases, en los siete perfiles evaluados. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**

Horizontes	Profundidad	Bases Intercambiables				
		cmol (+) kg <sup>-1</sup>				
Perfil 1	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 12	10,90	5,30	1,21	9,36	26,77
A	12 a 30	7,88	2,11	1,11	4,50	15,60
B1	30 a 76	3,84	1,52	1,03	2,17	8,56
B2	76 > 120	3,68	1,28	0,99	2,90	8,55
<b>Horizontes</b>						
Perfil 2	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 14	18,86	4,41	1,20	4,31	28,78
E	14 a 26	22,61	4,77	1,15	3,27	31,80
B	26 a 130	9,27	4,15	1,19	4,65	19,26
<b>Horizontes</b>						
Perfil 3	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 20	13,84	4,06	1,11	3,50	22,51
A	20 a 42	5,97	4,30	1,15	5,50	16,92
B1	42 a 73	5,98	5,34	1,98	7,15	20,45
B2	73 a 130	4,74	4,87	1,17	6,90	16,88
<b>Horizontes</b>						
Perfil 4	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 25	3,65	0,93	1,27	2,73	8,58
B	25 a 46	3,68	0,77	1,08	1,58	7,11
C	46 a 102	4,30	1,33	0,90	0,92	7,45
<b>Horizontes</b>						
Perfil 5	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 14	17,09	6,48	1,48	6,18	31,23
A	14 a 38	8,10	1,18	0,90	1,11	11,29
B	38 > 105	5,94	0,89	0,98	0,92	8,73
<b>Horizontes</b>						
Perfil 6	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
O	0 a 20	11,75	2,41	1,08	3,61	18,85
A	20 a 46	27,7	13,00	1,03	5,52	47,25
B	46 a 88	8,84	1,88	1,08	4,72	16,52
C	88 > 105	1,88	0,31	0,95	1,98	5,11
<b>Horizontes</b>						
Perfil 7	cm	Ca	Mg	Na	K	Suma de bases
A	0 a 10	13,38	6,67	0,10	3,20	23,35
A1	10 a 35	22,26	9,23	0,15	2,81	34,45
B	35 a 64	22,12	9,55	0,16	2,92	34,75
B1	64 a 80	24,43	10,60	0,17	2,95	38,15



**Cuadro 3. Infiltración Básica o Velocidad de Infiltración de suelos cultivados con cacao orgánico, de siete fincas de productores. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**

Perfil	Infiltración Básica (cmh <sup>-1</sup> )	Interpretación Según USDA 1999.
1	0,45	Muy lento
2	9,41	Moderada
3	3,34	Moderadamente lento
4	44,66	Rápida
5	1,03	Lento
6	25,43	Rápida
7	3,16	Moderadamente Lento

### Características químicas

Los valores de capacidad de intercambio catiónico encontrados en todos los perfiles estudiados, presentaron valores promedios de 60,46 cmol<sub>(+)</sub>kg<sup>-1</sup>; considerados como niveles altos (Rioja Molina, 2002). Por otra parte, los contenidos de color rojo (alto), azul (medio), amarillo (bajo); de Ca (Figura 3a) y Mg (Figura 3b) en todos los perfiles, a distintas profundidades presentaron valores medios a altos, mientras que el K (Figura 3c), sus valores promedio reflejaron contenidos bajos de este elemento (color amarillo); en cmol<sub>(+)</sub>kg<sup>-1</sup> (Name, 1987). Estos valores, pueden ser debido a la formación geológica, provenientes de minerales primarios de rocas calizas, lutitas y areniscas (ANAM, 2010).

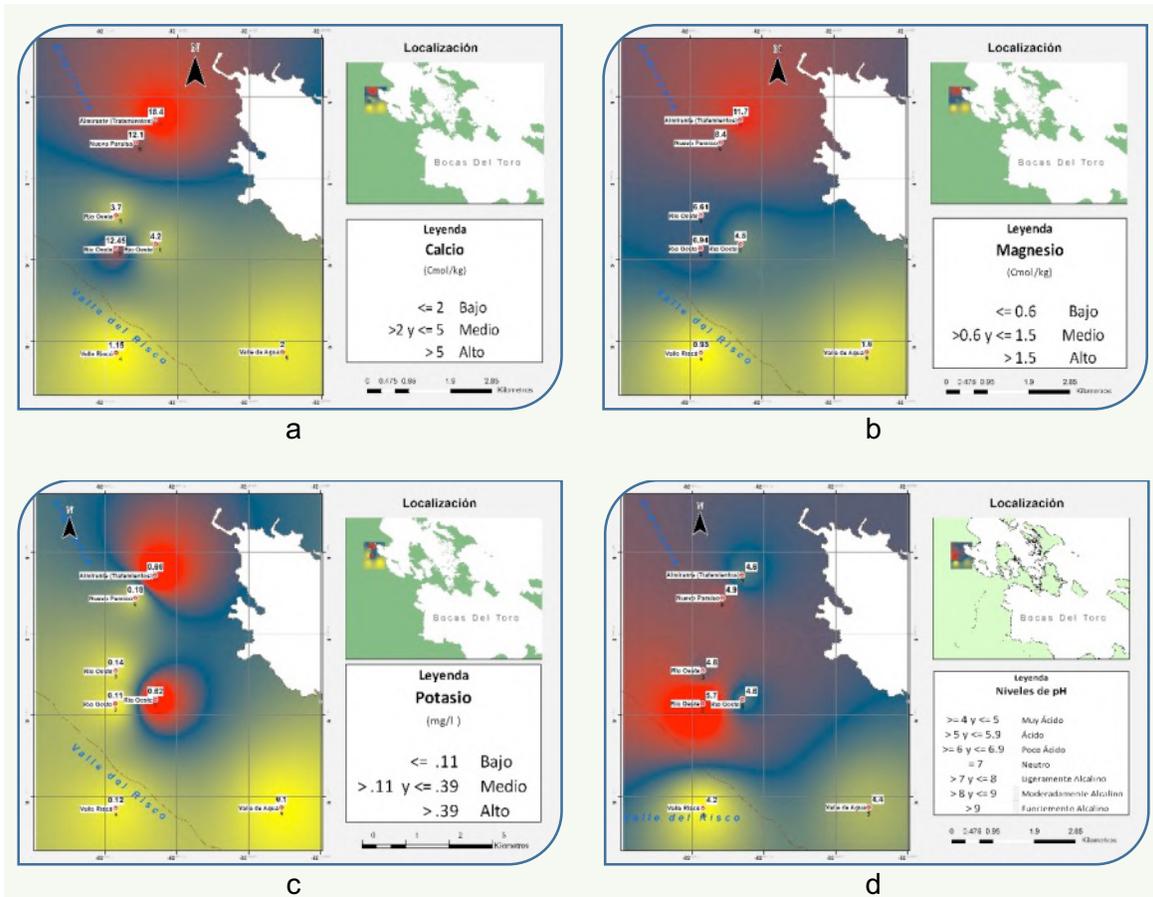
Se obtuvieron valores bajos y medios en Cu (0 a 4,70); bajos y medios en Zn (0,70 a 7,30), valores bajos de Fe (0 a 6,70) y valores bajos y altos en Mn (0 a 125), todos en unidades de mg·kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Los suelos arenosos, bajos en materia orgánica, pueden llegar a ser deficientes en Cu, debido a pérdidas por lixiviación. Los suelos pesados arcillosos, son los que tienen menos probabilidad de presentar deficiencia de este elemento (INPOFOS, 1993).

Los valores encontrados respecto al nutrimento cinc, indicaron que a medida que aumenta el pH disminuyó su disponibilidad. Coincidiendo con lo que indica INPOFOS (1993); el Zn se hace menos disponible a medida que el pH aumenta, se considera que los niveles bajos de materia orgánica indican baja disponibilidad de Zn (INPOFOS, 1993).



Los niveles del potencial de hidrógeno (Figura 3d), caracterizado en los suelos de las fincas estudiadas, indicaron niveles que van de ácidos a muy ácidos. Contrario a lo que informó Porta y López (2005), que los valores óptimos para este cultivo se encuentran en intervalos de 6,0 a 7,0 y la tolerancia para un rendimiento satisfactorio está en un nivel de 4,5 a 8,0. Los colores en el mapa representan: rojo (poco ácido), azul (ácido), amarillo (muy ácido).



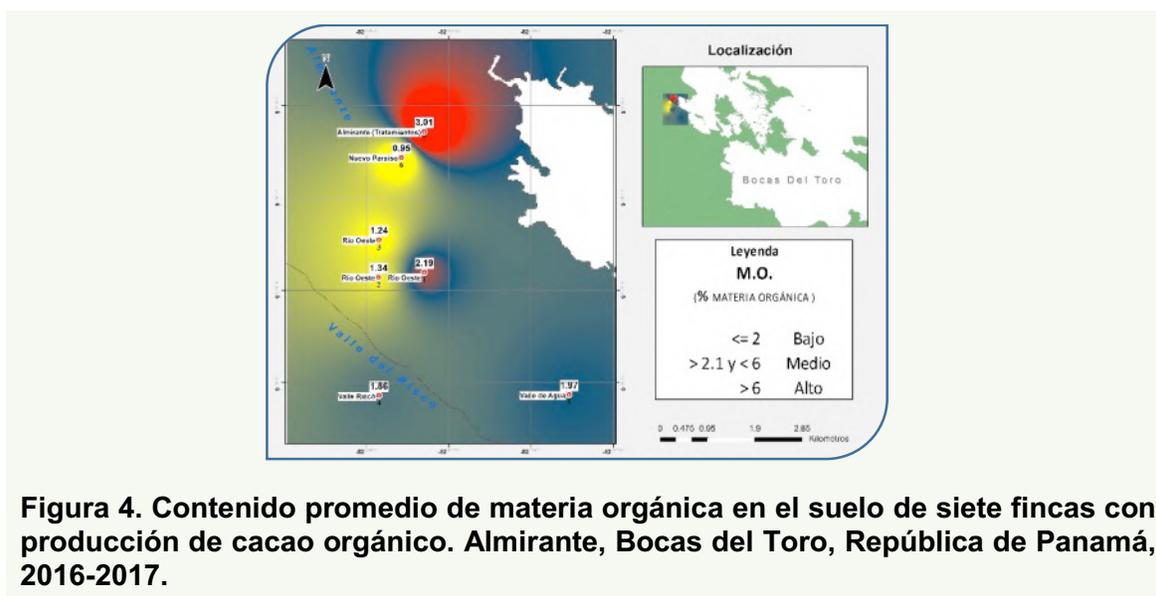
**Figura 3. Contenido promedio de Calcio (a), Magnesio (b), Potasio (c) y potencial de hidrógeno (d) en el suelo de siete fincas cultivadas con cacao orgánico. Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**



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

## Características biológicas

La materia orgánica presentó un valor promedio de 0,95%, representado en el rojo (alto), azul (medio) y amarillo (bajo) (Figura 4). Este valor es considerado bajo para todos los perfiles estudiados y sus horizontes, Name (1987). Los mayores valores encontrados se presentaron en los horizontes superficiales, debido a la descomposición de hojarasca y demás materiales degradantes que ocasionan un aumento de la materia orgánica; disminuyendo a medida que se profundiza en el perfil del suelo, lo que coincide con lo publicado por Foth (2012).



**Figura 4. Contenido promedio de materia orgánica en el suelo de siete fincas con producción de cacao orgánico. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**

Los perfiles descritos del 1 al 3 de Río Oeste (RO), 1 y 4 de Valle Riscó (VR) Cuadro 4, todos pertenecientes al distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, son los que están dentro de los intervalos normales según las relaciones de suelos (Rioja Molina, 2002).

Al realizar la determinación de la respiración biológica en suelos (Cuadro 5), se observó que los mayores valores fueron obtenidos en los perfiles que contenían horizontes orgánicos (nomenclaturas O), coincidiendo con USDA (1999), mostrando que un índice elevado de respiración del suelo es reflejo de una elevada actividad biológica y puede ser signo de una rápida descomposición de residuos orgánicos causando la liberación de nutrientes disponibles para el crecimiento de las plantas.



**Cuadro 4. Relaciones químicas de siete perfiles evaluados con cultivos de cacao orgánico. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**

Perfiles	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/Mg	Mg/K	Ca/K
1 RO *	0,93	14,03	0,15	6,92	6,46
2 RO	1,79	176,27	0,02	63,09	113,18
3 RO	0,56	73,64	0,02	47,21	26,43
4 VR*	1,24	17,33	0,13	7,75	9,58
5 V de A	1,25	36,00	0,06	16,00	20,00
6 NP	1,44	113,89	0,02	46,67	67,22
7 NP	1,57	45,61	0,06	17,73	27,88

NOTA: RO = Río Oeste; VR = Valle Riscó; V de A = Valle de Agua; NP = Nuevo Paraíso.

Perfiles con (\*), están dentro de valores normales.

Intervalos de niveles normales por relaciones químicas: Ca/Mg: 1,2 y < 6,2; (Ca+Mg)/K: 10 < 30; K/Mg: 0,15 y < 0,30; Mg/K: 1,6 y < 14; Ca/K: 2 y < 25

**Cuadro 5. Respiración Microbiana, por perfil, en suelos cultivados con cacao orgánico. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá, 2016-2017.**

Horizontes	Profundidad	Respiración Microbiana
		kg C (CO <sub>2</sub> )/ha/d
<b>Perfil 1</b>		
O	0 a 12	404,32
A	12 a 30	
B1	30 a 76	
B2	76 > 120	
<b>Perfil 2</b>		
A	0 a 14	523,03
E	14 a 26	
B	26 a 130	
<b>Perfil 3</b>		
O	0 a 20	544,10
A	20 a 42	
B1	42 a 73	
B2	73 a 130	
<b>Perfil 4</b>		
A	0 a 25	446,03
B	25 a 46	
C	46 a 102	
<b>Perfil 5</b>		
O	0 a 14	486,76
A	14 a 38	
B	38 > 105	
<b>Perfil 6</b>		
O	0 a 20	618,13
A	20 a 46	
B	46 a 88	
<b>Perfil 7</b>		
A	0 a 10	549,16
A1	10 a 35	
B	35 a 64	
B1	64 a 80	
C	> 80	



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

Para el sistema de clasificación de la USDA, (2014), (Cuadro 6); todos los perfiles evaluados presentaron orden taxonómica Inceptisoles y según el sistema de clasificación IUSS Working Group WRB, (2015), (Cuadro 6); presenta una descripción de suelos Cambisoles; que son suelos que no han desarrollado características de diagnóstico para otras órdenes, pero que tienen ciertas características, además de epipedón ócrico y los horizontes, álbicos permitidos en los Entisoles (Buol et al., 2011).

Los perfiles 1 y 2, dentro de los subórdenes se encuentran según la clasificación (USDA, 2014); como húmico, dependiendo de la presencia de materias orgánicas. Para la clasificación taxonómica (IUSS Working Group WRB), estos perfiles de suelo, está dentro del calificador del grupo II como dístrico, Láxico (contiene una saturación de bases por Acetato de amonio menor del 50% a una profundidad que esta entre 20 cm y 100 cm de la superficie del suelo; la densidad aparente menor de  $0,90 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

El perfil 3 y 5 son un típico Inceptisol, según la clasificación (USDA, 2014); Para la clasificación taxonómica (IUSS Working Group WRB), estos perfiles de suelo, están en el calificador del grupo II, como hiperócrico, contiene una capa de suelo mineral de 5 cm o más de espesor, con un valor en Munsell, seco, de 5,5 o más que su valor más oscuro por humedecimiento y su contenido de carbón orgánico menor de 4%.

El perfil 4, contiene un contacto lítico entre el límite del suelo y un material subyacente coherente de la roca y según (IUSS Working Group WRB), está dentro del calificador del grupo II como Alúminico, contiene una saturación de aluminio efectiva de 50% o más entre las capas de 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

El perfil 6, contiene un subgrupo Flúvico (llanuras inundadas) según la (IUSS Working Group WRB), su descriptor es Nóvico, contiene una capa de sedimentos recientes de 5 cm de espesor y menos del 50 cm.

El perfil 7, según la clasificación (USDA, 2014); la descripción Fluvaquentic Dystudepts, contienen en sus primeros 18 cm de profundidad un value o valor de color menor a 5 en el libro de Munsell; Por otra parte, en la clasificación taxonómica (IUSS



Working Group WRB), el perfil estudiado, se encuentra dentro de calificador Dénstico, que tiene una compactación natural o artificial dentro de los 50 cm de la superficie del suelo.

**Cuadro 6. Clasificación taxonómica de los perfiles de suelos según (USDA, 2014) y (IUSS Working Group WRB, 2015) en suelos cultivados con cacao orgánico de siete fincas de productores de Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2016-2017.**

Perfil	USDA (2014)	IUSS Working Group WRB (2015)
	Humic Lithic Dystrudepts, Mezclados, Finos, Isohipertérmico. Serie 1, Almirante, Río Oeste, clones cacao	Dystric Cambisols (Láxico)
	Humic Dystrudepts, Franco, Friables, Isohipertérmico. Serie 2, Almirante, Río Oeste, cacao y pixbae.	Dystric Cambisols
	Typic Dystrudepts, Mezclados, Friables, Isohipertérmico. Serie 3, Almirante, Río Oeste, cacao	Dystric Cambisols (Hiperótrico)
	Lythic Dystrudepts, Franco, friable, Isohipertérmico. Serie 4, Almirante, Valle Riscó, cacao	Dystric Cambisols (Alúmico)
	Typic Dystrudepts, Franco, friable. Serie 5, Almirante, Valled de Agua, cacao	Dystric Cambisol (Húmico)
	Fluventic Dystrudepts, Franco, Friable y Finos, Isohipertérmico. Serie 6, Almirante, Nuevo Paraíso, cacao.	Dystric Cambisols (Nóvico).
	Fluvaquentic Dystrudepts, Franco, Isohipertérmico. Serie 7 Almirante, clones cacao	Dystric Cambisols (Dénstico)



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

## CONCLUSIONES

- Los perfiles estudiados, según el sistema de clasificación (USDA, 2014), pertenecen al orden Inceptisoles, sub orden Ochrepts, grandes grupos Dystrochrepts, régimen de humedad údico y régimen de temperatura isohipertérmico.
- Para el sistema de clasificación de suelos (IUSS Working Group WRB, 2015) los siete perfiles de suelos estudiados, pertenecen al orden taxonómico Cambisol; Sub orden dístrico.
- Los perfiles estudiados presentaron buen drenaje, texturas medias (FA, F, AF, ), valores bajos de saturación de bases y materia orgánica.
- De los perfiles estudiados, los que mantienen un suelo con propiedades químicamente adecuadas para el cultivo de cacao, son los sitios 1 y 4 (Río Oeste y Valle Riscó), debido a que mantienen relaciones: Ca/Mg; (Ca+Mg)/K; Mg/k; Ca/K, en intervalos adecuados.
- En cuanto a los valores de infiltración, se debe tomar en cuenta, que en los perfiles 1 y 5, donde la infiltración fue lenta debido a la compactación que presenta, se puede mejorar su estructura aplicando cantidades adecuadas de materia orgánica, ya sea que pudiera avanzar hacia un hidromorfismo si estos valores continúan disminuyendo en el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. 1. Ed. Panamá, Panamá, ANAM. 190 p.
- Buol, SW., R.J. Southard., R.C. Graham., and P.A. McDaniel. 2011. Soil Genesis and Classification, 6 ed. Ames, USA, Iowa State Press A Blackwell Pub. Co. 556p. [https://www.academia.edu/40089206/SOIL\\_GENESIS\\_AND\\_CLASSIFICATION\\_SIXTH\\_EDITION](https://www.academia.edu/40089206/SOIL_GENESIS_AND_CLASSIFICATION_SIXTH_EDITION) (consultado 10 oct. 2017).



- Cisneros, R. 2003. Apuntes de la materia de Riego y Drenaje, 1 ed. México: Centro de Investigación y Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luís Potosí, México, 164p.
- Corbella, R., M. Tonatto., y J. Ullivarri. 2017. Metodologías para los estudios de suelos de campos. Cátedra de edafología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 27p.
- FAO (Food Agricultural Organization). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Food Agricultural Organization. Roma. p 5-12.
- Forero, J. 2000. Parámetros Hidrodinámicos para Riego. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Unidad de Publicaciones. 31p.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000093&pid=S0123-4226201000020000500005&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000093&pid=S0123-4226201000020000500005&lng=es) (consultado 2 feb. 2017).
- Foth, HD. 2012. Fundamentals of Soil Science. 8 ed, Michigan, Unites State of America, Wiley. p. 81-87.
- Gardi, C., M. Angelini., S. Barceló., J. Comerma., C. Cruz., y A. Encina. 2014. Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe. Luxembourg, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. 176 p.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. New York, USA, Academic Press. 364 p.
- IGNTG (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia). 2007. Atlas Nacional de la República de Panamá. Editora Novo Art., Bogotá, COL.
- INPOFOS. 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito, Ecuador, Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). 55 p.
- IUSS Working Group WRB. 2015. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2014, actualización 2015. Sistema internacional de clasificación para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos



mundiales de suelo 106. FAO, ROMA. 218 p. <http://www.fao.org/3/a-i3794s.pdf> (consultado 9 jul. 2016).

Köppen, W. 1936. Das Geographische System der Klimate en Handbuch der Klimatologie, R, Geiger. Berlín, Borntraeger, t. I, fasc. C, 44p.

McKay, A. 2000. Climas y biodiversidad: Una nueva clasificación de los climas de Panamá. Revista Cultural Lotería 431:47-51.

Name, B. 1987. Metodología para la evaluación de la fertilidad de suelos. Panamá, Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 33 p.

Parkin, TB., J.W. Doran., and E. Franco-Vizcaino. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. In: Doran, JW; Jones, AJ. (eds.). Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Spececial Publication 49: 231-246.

Porta J., M. López-Acevedo., y R.M. Poch. 2014. Edafología: uso y protección de suelos. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 607 p. <https://books.google.com.ec/books?id=7x1fAwAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false> (consultado 5 jul. 2018).

Porta, J., y M. López. 2005. Agenda de campo de los suelos: Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. 1 ed. Barcelona, España, Mundi – Prensa. 521 p.

Rioja Molina, A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real. s.l., s.p.

Rucks, L., F. Garcia., A. Kaplán., J. Ponce De León., y M. Hill. 2004. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. 68p. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf> (consultado 10 dic. 2017).



SSDS (Soil Science Division Staff). 2017. Soil survey manual. (United State Department of Agriculture). Washington, USDA. 639p. (Handbook 18). [https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2\\_054262](https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_054262) (consultado 25 ene. 2018).

Smith, J.E., J.A. Hilbert., y M.O. Aucaná. 2005. Clasificación de vehículos en función del grado de compactación ejercida sobre suelo agrícola. Congreso Argentino de Ingeniería Rural (8 al 12 nov, 2005, Villa de Merlo, San Luis. AR). Buenos Aires, Argentina. 5 p

Tafur, H. 1988. Guía metodológica para la determinación de algunos parámetros en riego y drenaje. Palmira. Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 99p.

Thompson, L., y F. Troeh. 1982. Los suelos y su fertilidad. 4 ed. Barcelona, España, Editorial Reverté S.A. p.55-210.

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)., Servicio de Investigación Agrícola., Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 1999. Guía para la Evaluación para la Calidad y Salud del Suelo. Argentina, Instituto de Calidad de Suelos. 88p. (Traducido de Soil Quality Test Kit Guide, por Alberto Lutens y Juan Carlos Salazar Lea Plaza). [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf) (consultado 15 ago. 2017).

USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 2014. Clave para la Taxonomía de los Suelos. 12. Ed. Texcoco, México, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 374 pp. (Traducido por Carlos Alberto Ortiz-Solorio, Ma. del Carmen Gutiérrez-Castorena y Edgar V. Gutiérrez-Castorena). [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051546.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf) (consultado 12 jul. 2015).



Villarreal, J., y B. Name. 1996. Técnicas Analíticas del Laboratorio de suelos. Divisa, Panamá, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 110p.

Warrick, A. W., and D.R. Nielsen. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel, D. (Ed.) Applications of Soil Physics. New York. p. 319–344.

Wood, G. 1982. Cacao, Trad. por Marino, Primera edición en español, Compañía Editorial Continental S.A., México D.F. p. 255-274.



## EVALUACIÓN SENSORIAL DE NUEVOS CULTIVARES DE FRIJOL POROTO BIOFORTIFICADO DE GRANO ROSADO EN PANAMÁ<sup>1</sup>

**Maika Barría-Castro<sup>2</sup>; Teresita Henríquez-Moran<sup>3</sup>;  
Omaris Vergara-Cordoba<sup>4</sup>; Emigdio Rodríguez-Quiel<sup>5</sup>**

### RESUMEN

La anemia es el mayor problema de salud pública en Panamá por deficiencia de micronutrientes. El frijol poroto *Phaseolus vulgaris* es fuente de hierro y es un cultivo básico de alto consumo en Panamá. Dos cultivares de frijol biofortificado de grano rosado (P-09-11 y P-13-38) fueron seleccionados por su alto rendimiento y contenido de hierro producto de la investigación agronómica en mejoramiento genético. El estudio se realizó con el objetivo de conocer la preferencia de frijol poroto de los consumidores, según una evaluación sensorial compuesta por 119 panelistas adultos, provenientes de la Comarca Ngäbe Buglé (Cerro Mesa y Hato Chamí) y de las provincias de Herrera (Las Minas) y de Veraguas (Santa Fe). Se recopilaron datos sociodemográficos y de consumo a través de una encuesta descriptiva. Se aplicaron pruebas sensoriales de preferencia por ordenamiento a tres muestras de frijol poroto: P-09-11 y P-13-38 biofortificados y el Rosado de uso convencional. El análisis estadístico de los resultados de la prueba sensorial fue mediante la Tabla de Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de rangos para las comparaciones de “Todos los Tratamientos”, a un nivel de significancia de 5%. Se determinó que el 77,8% de los encuestados siembran frijoles; el 76,8% lo consume de dos a cuatro veces por semana. Los resultados mostraron que no hay preferencia entre los cultivares de frijol biofortificados de grano rosado P-09-11 y P-13-38 y el rosado de uso convencional. Se observó preferencia para el frijol Rosado en áreas de la Comarca Ngäbe Buglé antes del cultivar P-09-11, mientras que no hay preferencia entre los otros cultivares de frijol.

**Palabras claves:** Consumidor, micronutrientes, biofortificación, hierro, anemia.

<sup>1</sup>Recepción: 11 de febrero de 2020. Aceptación: 20 de agosto de 2020. Investigación financiada por Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Proyecto de Mejoramiento de Frijol Poroto.

<sup>2</sup>IDIAP. Proyecto Nacional de Biofortificación “Agro Nutre Panamá. Lic. en Nutrición y Dietética.

e-mail: [barria.maika@gmail.com](mailto:barria.maika@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé (CRUC), Penonomé, Panamá. M.Sc. en Estadística Aplicada. e-mail: [teresita.henriquez@up.ac.pa](mailto:teresita.henriquez@up.ac.pa) [terehen2@yahoo.com](mailto:terehen2@yahoo.com)

<sup>4</sup>CRUC. Escuela de Ciencia y Tecnología de Alimentos. M.Sc. en Higiene y Tecnología de Alimentos. e-mail: [omaris.vergara@up.ac.pa](mailto:omaris.vergara@up.ac.pa)

<sup>5</sup>IDIAP. CIA Chiriquí. M.Sc. en Fitomejoramiento. e-mail: [emigdiorodriguezq@gmail.com](mailto:emigdiorodriguezq@gmail.com)



## SENSORY EVALUATION OF NEW BIOFORTIFIED PINK GRAIN BEAN CULTIVARS IN PANAMA

### ABSTRACT

Anemia is the biggest public health problem in Panama due to micronutrient deficiency. *Phaseolus vulgaris* bean is an iron source and is a high-consumption staple crop in Panama. Two biofortified pink grain bean cultivars (P-09-11 and P-13-38) were selected for their high yield and iron content as a product of agronomic research in genetic enhancement. The study was carried out with the aim of knowing the bean grain preference by consumers, according to a sensory assessment composed of 119 adult panelists, from the Ngäbe Bugle region (Cerro Mesa and Hato Chami) and the provinces of Herrera (Las Minas) and Veraguas (Santa Fe). Sociodemographic and consumer data were collected through a descriptive survey. Sensory tests of preference for sorting were applied to three bean samples: biofortified P-09-11 and P-13-38 and conventional pink grain. Statistical analysis of sensory test results was done using the Sum of Range Absolute Critical Differences Table for "All Treatments" comparisons, at a significance level of 5%. It was determined that 77,8% of respondents sow beans; 76,8% consume it two to four times a week. Results showed that there is no preference between biofortified P-09-11 and P-13-38 and conventional pink grain. A preference was observed for pink grain in areas of the Ngäbe Bugle region prior to P-09-11, while there was no preference among the other bean cultivars.

**Key words:** Consumer, micronutrients, biofortification, iron, anemia.

### INTRODUCCIÓN

Como parte del estado nutricional, el hambre oculta es la carencia de vitaminas y minerales esenciales en la dieta, componentes que son esenciales para potenciar la inmunidad y un desarrollo saludable. Las carencias de vitamina A, zinc, hierro y yodo son motivos de gran preocupación para la salud pública y suelen ser los micronutrientes que más hacen falta a la dieta (OMS, 2008).

La deficiencia de hierro es la más común en el mundo. En Panamá, el mayor problema de salud pública por deficiencia de micronutrientes es la anemia. La anemia en la población escolar es de 20,6%; donde el 56,0% es de área rural indígena, y de estas el 71,8% corresponde a niños escolares de la comarca Ngäbe Buglé. Prevenir y



reducir de manera sostenida las deficiencias de vitaminas y minerales en la población del país evitando excesos y desbalances, con énfasis en los grupos vulnerables y excluidos es el objetivo general que se establece en el *Plan Nacional de Prevención y Deficiencias de Micronutrientes (2008-2015) para la República de Panamá*, donde se proponen como principales estrategias la diversificación de la dieta, la fortificación de alimentos, la suplementación, el acceso a servicios básicos de salud y la biofortificación (MINSA, 2008).

Los cultivos biofortificados tienen mejores características agronómicas y ofrecen mayor contenido de micronutrientes en comparación con cultivos no-biofortificados, es decir, los que consumimos a diario denominados convencionales (Pachón, 2009).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) continuando en su labor de investigación, llevó a cabo en el 2009 el mejoramiento para la obtención de cultivos de frijol poroto biofortificados con buenas características agronómicas y alto contenido de hierro y zinc; gracias al apoyo financiero de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), identificándose variedades con alto contenido de estos micronutrientes; siendo las primeras variedades seleccionadas como biofortificadas la IDIAP NUA 24 e IDIAP NUA 27, ambas comparadas con la variedad IDIAP C1 (Rodríguez, 2013; Camargo, 2015).

El frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), que se produce en Panamá constituye una fuente importante de ingresos para las zonas productoras; además, es un alimento básico dentro del patrón de consumo. Se cultiva principalmente en las áreas de Caisán, San Andrés, Río Sereno y Comarca Ngäbe Buglé, en donde se cultivan tres mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 952,5 kg/ha. Las variedades que tradicionalmente usan nuestros agricultores son tipo rosado, chileno, mantequilla y calima; con un período vegetativo que fluctúa entre 75 y 80 días. Estas variedades muestran un bajo rendimiento y susceptibilidad a la Mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris*), principal enfermedad que afecta al cultivo en el país. Con el avance de las investigaciones de Mejoramiento de frijol poroto, en evaluaciones de líneas avanzadas del frijol común, se obtuvieron de cruzamientos entre diversas fuentes provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Rodríguez, 2008).



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

Para el año 2009, en Panamá se seleccionaron parcelas en siete áreas agroecológicas contrastantes para evaluar 64 líneas utilizando un diseño de Alfa Látice 8 x 8 con dos repeticiones. En el segundo año, las 20 mejores líneas se evaluaron en cuatro localidades en un diseño Alfa Látice 5 x 4 con tres repeticiones. Se seleccionaron 11 líneas con alto contenido de hierro y zinc y ocho líneas por alto rendimiento. Para el segundo año se encontraron diferencias ( $P < 0,01$ ) entre localidades y tratamientos. Las líneas de frijol poroto con mayores contenidos de hierro fueron NUA 24, NUA 27, NUA 59 y NUA 46 con 93, 87, 85 y 83 ppm, respectivamente. El promedio del contenido de zinc para estas líneas fue de 33 ppm (Rodríguez, 2013).

Posteriormente, durante el año 2015 el proyecto de Mejoramiento de frijol poroto desarrollado en el IDIAP, en colaboración con el CIAT realizaron cruza entre las variedades nacionales y nuevas variedades con alto contenido de hierro, con el propósito de generar líneas con las características solicitadas por la cadena agroalimentaria del frijol poroto en Panamá. Se seleccionaron los mejores genotipos en relación con el rendimiento de grano, alto contenido de hierro (Fe) y tolerancia a la mustia hilachosa. Se lograron dos líneas de grano rosado biofortificado que fueron validadas, siendo las líneas P-09-11 (88 mg/kg) y P-13-38 (78 mg/kg) con mayor contenido de hierro y seleccionadas por los agricultores por sus características de alto rendimiento, color y tamaño del grano (Rodríguez et al., 2016).

Un estudio realizado a las mujeres universitarias en Ruanda arrojó como resultado que el consumo de frijoles biofortificados con hierro mejoraron significativamente los niveles de hierro en sangre después de consumirlos por 128 días. Esta intervención aumentó significativamente la concentración de hemoglobina en 3,8 g/L, registro de ferritina sérica (0,1 log mg/L) y el hierro corporal (0,5 mg/kg). Por cada 1 g de Fe consumida a partir de los 128 días de estudio, hubo un aumento significativo de 4,2 g/L en la hemoglobina ( $P < 0,05$ ) (Haas et al., 2016).

Conocer la calidad nutricional y agronómica de la producción de un alimento es importante para el desarrollo de nuevas variedades de cultivos biofortificados, en última instancia, lo que determinará su aceptabilidad o su rechazo para consumirlos será la percepción del mismo consumidor, por lo que hay que tomar en cuenta otras



características relevantes como el color, olor, sabor, textura, tiempo de cocción, entre otros (Carrillo et al., 2015). Por ello, se ha recomendado considerar los hábitos alimentarios como un referente sociocultural de los distintos pueblos o grupos objetivos, relacionando la dieta y el estado de salud; como factores determinantes en lo social y sanitario. Los indicadores socioeconómicos de los productores y de los consumidores, deben considerarse al realizar investigaciones con cultivos biofortificados (Tofiño et al., 2011).

La disponibilidad de frijol poroto en los mercados panameños es diversa, con predominio de granos con colores rojos intensos hasta rosados bajos, lo cual es determinado principalmente por las preferencias relacionadas con el consumidor. A pesar de ello, aún existen múltiples desafíos hacia su comercialización. Como parte de las actividades del Proyecto de Mejoramiento Genético de frijol poroto y en sinergia a la estrategia de biofortificación en Panamá, que busca contribuir a reducir el hambre oculta en áreas de pobreza y pobreza extrema a través del desarrollo, producción y consumo de cultivos con mayor calidad nutricional.

Este estudio tiene como fin conocer la preferencia por parte de los consumidores ante los nuevos cultivares de frijol poroto biofortificado de grano rosado seleccionados (P-13-38 y P-09-11) y la variedad rosada de uso convencional, y recomendar la producción de estas variedades biofortificadas, su promoción y consumo por su calidad nutricional, y así, contribuir en la prevención de la anemia por deficiencia en el consumo de alimentos fuentes de hierro.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño y tipo de estudio

Se desarrolló un estudio descriptivo transversal. Se realizó durante los meses de junio y julio de 2018, en las zonas productoras de frijol poroto en las provincias de Veraguas, Herrera y en la Comarca Ngäbe Buglé; contando con la participación de consumidores, en general, y productores colaboradores del Proyecto de Mejoramiento de Frijol Poroto que lleva a cabo el IDIAP.



## **Población y muestra**

El tamaño de la muestra se estableció entre 75 y 150 participantes, de acuerdo a lo recomendado en el Manual de Campo (Carrillo et al., 2015) para pruebas de aceptabilidad o preferencia con panelistas no entrenados. Participaron un total de 119 adultos, la población seleccionada fue conformada por consumidores mayores de 18 años, provenientes de comunidades rurales productoras de frijol poroto de localidades indígenas de la Comarca Ngäbe Buglé (Cerro Mesa y Hato Chamí) y de localidades campesinas de la provincia de Herrera (Las Minas) y de la provincia de Veraguas (Santa Fe). Se excluyeron menores de 18 años, mujeres embarazadas y personas que reportaron padecer de disfagia o que tenían problemas de dentadura.

## **Procedimientos**

### **Inducción a los participantes**

A cada grupo de participantes, en un período aproximado de 40 minutos se les brindó una inducción en la que se les informó el propósito del estudio, los procedimientos y beneficios; también se orientó sobre la metodología para responder el cuestionario de la encuesta y cómo realizar la prueba sensorial. Posterior a la inducción, se les invitó a participar del estudio de manera voluntaria, donde aquellos que aceptaron se les solicitó firmar una nota o formulario de consentimiento previo, libre e informado.

### **Aplicación de encuesta**

La encuesta fue aplicada por el equipo técnico durante el mes de junio de 2017 a un miembro por familia participante del estudio. La información recopilada comprendía:

- Datos generales sobre la edad, lugar de procedencia, sexo, escolaridad;
- Datos socioeconómicos como la disposición de salarios en el hogar, beneficios de ayuda social, afiliación a organizaciones comunitarias o asociaciones, total de miembros en la familia;
- Información sobre la disponibilidad de alimentos, empleando el indicador “Meses de aprovisionamiento adecuado de alimentos en el hogar” (MAHFP, por sus siglas en inglés), validado por Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés), que facilita capturar datos a lo



largo del tiempo sobre el aprovisionamiento de alimentos en un año (Bilinsky y Swindale, 2010). El período considerado para evaluar este indicador fue de junio 2016 a mayo 2017.

- Datos sobre la producción agrícola y consumo de frijol poroto, con información sobre el destino de la cosecha, almacenamiento de granos, disponibilidad de semillas, duración de la cosecha, frecuencia y formas de preparación para el consumo familiar.

### **Prueba Sensorial**

La preparación de las muestras de frijol poroto fue similar en todas las comunidades y elaborada por el mismo personal técnico capacitado. Se presentaron las muestras ya cocidas preparadas de modo tradicional conocida como “menestra”, utilizando ingredientes como agua, sal, ajo, culantro y cebolla. Cada muestra se presentó en envases codificados mediante enumeración aleatoria.

La principal característica para evaluar sensorialmente en este estudio fue el *sabor*. La prueba empleada fue de preferencia por ordenamiento o por rangos (Figura 1), considerándose categorías para cada valor en base al ordenamiento, siendo la primera posición la de mayor preferencia con puntaje de tres, la segunda posición la de regular preferencia con puntaje de dos y la tercera posición la de menor preferencia con puntaje de uno. En base a los puntajes obtenidos para cada una de las muestras evaluadas se generaron frecuencias totales para cada una, separándolas por área de procedencia en indígena y campesina.

### **Consideraciones éticas**

La participación en el estudio fue voluntaria, no hubo remuneración monetaria, ni en especies; se hizo mediante convocatoria abierta a consumidores en general, en las zonas productoras de frijol poroto en las provincias de Veraguas, Herrera y en la Comarca Ngäbe Buglé, a cada participante se le informó mediante inducción la metodología del estudio y aceptaron colaborar firmando una carta de consentimiento previo e informado.



**PRUEBA SENSORIAL**

Nombre: \_\_\_\_\_ Código \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Frente a usted hay tres muestras de frijol poroto.  
Pruébelas una a una (A, B, C).  
Entre cada una que pruebe tome un trago de agua.

A                      B                      C







Ahora que ya probó las tres preparaciones indique cual  
prefiere ordenándolas en las siguientes líneas de 1 a 3 de  
acuerdo a su preferencia  
**(Primero indique la que más le gusto).**

1.  \_\_\_\_\_ 028

2.  \_\_\_\_\_ 234

3.  \_\_\_\_\_ 181

*Gracias por su participación*

**Figura 1. Formulario de Prueba Sensorial.**

### Análisis estadístico

La encuesta fue procesada en MS Excel. Los datos fueron presentados de forma descriptiva utilizando medidas de tendencia central y de dispersión para comparar los



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

datos según área de procedencia (indígena y campesina). La significancia fue establecida cuando el valor  $p$  de las pruebas fue menor de 5%.

La prueba sensorial por ordenamiento se analizó empleando la Tabla de Newell y Mac Farlane (Watts et al., 1992), para Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de rangos para las comparaciones de “Todos los Tratamientos”, la cual presenta en el eje (y) pruebas de 3 a 100 panelista y en el eje (x) de 3 a 12 muestras para un nivel de significancia de  $P \leq 0,05$ . Si el resultado de la diferencia entre la sumatoria de las frecuencias totales de dos muestras está por arriba del valor crítico entonces  $P < 0,05$ , hay preferencia por la muestra de mayor frecuencia; mientras que, si está por debajo del valor crítico, entonces no hay preferencia por ninguna de las muestras comparadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Datos Sociodemográficos

Se recopilaron datos de 108 encuestas aplicadas a un miembro por familia. Entre los datos generales primarios a describir está el sexo, el cual fue 29,6% femenino y 70,4% masculino (Cuadro 2). De acuerdo al lugar de procedencia se reportó que el 51,9% eran habitantes de localidades campesinas y el 48,1% de lugares indígenas. Otra de las características fue la edad, identificando que el 24,1% tenían entre 18 y 33 años; 31,5% de 34 a 49 años; el 29,6% de 50 a 65 años y 14,8% con más de 66 años.

Al evaluar los grupos de edad por área de procedencia encontramos en el área indígena adultos jóvenes con menos de 49 años, en un 36,1%; mientras que en el área de campesina los adultos mayores con edades superiores a 50 años, en un 32,4%.

La escolaridad fue variada entre los consumidores participantes del estudio, se encontró que el 10,2% eran analfabetas, el 35,2% contaban con primaria incompleta, 22,2% con primaria completa, 21,3% con secundaria completa y el 11,1% con universidad completa. Por área se encontraron diferencias significativas en la escolaridad con valores de  $p=0,02$ , donde en el área indígena fue mayor el porcentaje de analfabetas y estudios incompletos ante el área campesina que presenta estudios completados entre primaria, secundaria y universidad (Cuadro 1).



La información socioeconómica se obtuvo al preguntar sobre la forma de adquirir ingresos económicos fijos a través de salario, el 39,8% de los participantes reportó que al menos un miembro de su familia era asalariado y el 60,2% manifestó no ser asalariados. Al comparar los no asalariados en un 37,0% de las áreas indígenas con el 23,2% de áreas campesinas,  $P=0,007$ .

Otras formas de ingresos fueron reportadas tomando en cuenta los subsidios o programas de ayuda social que existen en la actualidad en el país, encontrando que el 67% reciben este tipo de beneficio, de los cuales el 33,3% manifestó recibir la ayuda a través de becas educativas o universal, el 22,2% de pagos de programas de transferencia monetaria en ayuda social (120 a los 65 años, red de oportunidades y Ángel Guardián). Al comparar el total de los beneficios obtenidos por ayuda social entre los dos grupos participantes de este estudio, en indígenas fue 40,7% y en campesinos fue 26,8%, encontrando diferencia estadística con el valor de  $P=0,001$  (Cuadro 1).

Los programas de ayuda social establecidas por el Gobierno de Panamá se enfocan principalmente a comunidades en distritos de pobreza y extrema pobreza. Existe una gran divergencia entre las zonas rurales y urbanas, y en especial con las comarcas indígenas. Las personas que viven en las comarcas tienen probabilidades de vivir en la pobreza y de manifestar menores niveles de satisfacción sobre sus condiciones de vida. También muestran un mayor riesgo de tener empleo informal o de no disponer de agua potable en sus viviendas (OCDE, 2017).

En cuanto a la afiliación a organizaciones comunitarias o asociaciones, el 48,1% manifestó no ser miembros de ninguna asociación o grupo comunitario, mientras que el 47,2% está asociado a grupos de productores agrícolas y 4,6% pertenecen a otros tipos de asociaciones. Del total de personas que manifestaron estar asociadas como productores, el 22,2% eran provenientes de las localidades campesinas y el 25% de las localidades indígenas (Cuadro 1).

El promedio de miembros por familia de este grupo de participantes es de aproximadamente seis personas. El 49,1% de los hogares encuestados manifestaron estar conformados con niños menores 5 años.



**Cuadro 1. Características sociodemográficas de los participantes del estudio sensorial de nuevos cultivares biofortificados de frijol poroto grano rosado según área de procedencia, Panamá-2017.**

Características Sociodemográficas	Total		Indígena <sup>α</sup>		Campesina <sup>‡</sup>	
	(n)	%	(n)	%	(n)	%
<b>Edad</b>						
18 – 33 años	26	24,1	16	14,8	10	9,3
34 – 49 años	34	31,5	23	21,3	11	10,2
50 – 65 años	32	29,6	8	7,4	24	22,2
> 66 años	16	14,8	5	4,6	11	10,2
<b>Sexo</b>						
Femenino	32	29,6	12	11,1	20	18,5
Masculino	76	70,4	40	37,0	36	33,3
<b>Escolaridad</b>						
Analfabetas	11	10,2	8	7,4	3	3,0
Primaria incompleta	38	35,2	24	22,2	14	13,0
Primaria completa	24	22,2	12	11,1	12	11,1
Secundaria completa	23	21,3	7	6,5	16	14,8
Universidad completa	12	11,1	1	1,0	11	10,2
<b>Asalariado en la familia</b>						
Sí	43	39,8	12	11,1	31	28,7
No	65	60,2	40	37,0	25	23,2
<b>Beneficios por Programa Social</b>						
Ayuda social económica	24	22,2	14	13,0	10	9,3
Becas	36	33,3	20	18,5	16	14,8
Bono alimenticio	21	19,4	15	13,9	6	5,6
<b>Asociación comunitaria</b>						
Asociación/cooperativa de productores	51	47,2	27	25,0	24	22,2
Otro tipo grupo comunitario	5	4,6	3	3,0	2	1,9
Ninguno	52	48,1	22	20,4	30	27,8

<sup>α</sup> Participantes de las localidades de Cerro Mesa y Hato Chamí, del distrito de Nole Duima, Comarca Indígena Ngábe Buglé.

<sup>‡</sup> Participantes de localidades del distrito de Santa Fé, provincia de Veraguas y de localidades del distrito de Las Minas, provincia de Herrera.

## Disponibilidad de alimentos



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

El 68,5% manifestó contar con el aprovisionamiento adecuado de alimentos para el hogar durante el año previo junio 2016 a mayo 2017 (MAHFP), mientras que el 31,5% no logró alcanzarlo, esto fue manifestado en su mayoría por los participantes de zonas campesinas en un 25,0%, mientras que en zonas indígenas fue de 6,8%.

La población participante expreso no contar con el aprovisionamiento adecuado de alimentos en el hogar durante el período del año previo al estudio (junio 2016 a mayo 2017), en un promedio de 2 meses, siendo los meses de junio a julio los que más se mencionaron con esta problemática.

Un estudio previo realizado para el proyecto Nacional de Biofortificación en Panamá, en localidades rurales de cinco distritos vulnerables (pobres), durante el año 2015 reflejó que el 29,4% lograron contar con aprovisionamiento adecuado de alimentos durante todos los meses del año; mientras que el 70,6% carece de alimentos entre 1 y 3 meses durante el período de un año; siendo julio, el mes de mayor dificultad para contar con alimentos, (área campesina, 51,6% y 69% área indígena) (IDIAP, 2016).

### **Perfil de producción y consumo de frijol poroto**

Entre los principales cultivos para siembra y consumo manifestado por los participantes del estudio está el frijol poroto en 77,8%, el maíz en 68,5%, la yuca en 52,8%, arroz en 44,4% y ñame u otras verduras en 33,3%. El modo de adquirir el frijol poroto para consumo de los participantes es en un 75,0% de su propia producción agrícola y 25,0% a través de tiendas y/o abarroterías.

Al separar por localidad el uso o destino de la producción del frijol poroto, esta es principalmente para el consumo familiar, en 39,8% para áreas indígenas y 32,4% para áreas campesinas.

En cuanto al tiempo de duración de la cosecha de frijol poroto para el consumo el 25,9% disponen del grano para un tiempo entre 2 y 4 meses, el 29,6% más de 4 meses, el 13,0% un mes y el 5,6% menos del mes. El 66,7% obtienen la semilla de frijol poroto de su propia producción.



Un Informe del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) sobre la situación alimentaria de Panamá, basado en la Encuesta de Niveles de Vida (ENV) del año 2008 determinó que el nivel de pobreza afecta la calidad de la alimentación; donde en hogares de extrema pobreza predominan sólo tres alimentos de origen animal (alto valor biológico); seguido por los frijoles, cereales, azúcares, grasas, verduras, frutas, bebidas y otros alimentos. En relación con el uso de frijoles se determinó que es un alimento de uso frecuente por más del 50% de los hogares en los tres niveles identificados en ENV 2008 (Hogares: no pobre, pobre y pobreza extrema) (INCAP, 2011).

En cuanto a la frecuencia de consumo de frijol poroto se identificaron las categorías de frecuencia más usadas para indagar el tiempo de consumo y calcular la ingesta promedio de este alimento, encontramos que el 76,8% de los encuestados tienen un consumo frecuente de dos a cuatro veces a la semana; mientras que el 23,2% tienen una frecuencia de consumo entre un día a la semana y de uno a tres veces al mes. El consumo de frijol poroto es más frecuente en las localidades campesinas (42,6%) que en las indígenas (34,3%).

Entre los tipos de preparaciones con frijol poroto, el 63,0% de los encuestados reportó consumirlos solo cocido; el 67,6% arroz con poroto revuelto; 53,7% porotos tipos sopa con verduras y el 48,1% guacho de porotos. En las localidades campesinas manifestaron mayor consumo de frijol poroto en dos tipos de preparaciones cocido tipo menestra (45,4%) y arroz con poroto revuelto (36,1%); mientras que en las localidades indígenas predominan tres tipos de preparaciones, el arroz con poroto revuelto (31,5%), el poroto tipo sopa con verduras (30,6%) y el guacho de porotos (26,9%). Se encontró que el consumo de frijol poroto en estas comunidades panameñas es principalmente en combinación con el arroz. Las formas de preparación para frijol fueron previamente validadas en poblaciones rurales en proceso de estudio Diagnóstico Socioeconómico y nutricional para el Proyecto Nacional de Biofortificación realizado en el año 2016 (IDIAP, 2016).

Existe una tendencia en zonas rurales e indígenas para el frecuente consumo familiar de frijol poroto, lo cual se relaciona a lo analizado en 2011 por el INCAP, donde el 85% de los hogares rurales y urbanos usan las leguminosas en su alimentación



diariamente, siendo los frijoles consumidos en las comarcas indígenas en más del 50% de los hogares. La oferta a productores y a consumidores de nuevas variedades de frijol poroto con alto contenido de hierro contribuiría a cubrir las necesidades nutricionales de este micronutriente en la población (INCAP, 2011).

### **Prueba Sensorial de Preferencia**

Las tres muestras de frijol poroto fueron evaluadas por 119 consumidores mayores de 18 años, 63 participantes (52,9%) provenientes del área indígena y 56 participantes (47,1%) del área campesina, considerados como panelistas o consumidores “no entrenados o expertos”.

Al realizar la prueba sensorial de preferencia por ordenamiento para la primera posición o de mayor preferencia fue de 40,3% para el frijol Rosado, de 31,9% para el cultivar biofortificado P-13-38 y 27,7% para el cultivar biofortificado P-09-11. Al analizar los resultados por área se encontró que la primera posición o mayor preferencia en las localidades del área indígena fue ocupada por el frijol Rosado en 28,5% mientras que para las localidades del área campesina fue el nuevo cultivar biofortificado P-09-11 en 20,2% (Cuadro 2).



**Cuadro 2. Porcentaje de preferencia por ordenamiento para muestras de frijol poroto grano rosado evaluado según área de procedencia, Panamá-2017.**

Muestras evaluadas	Total		Indígena		Campesina	
	(n=119)	%	(n=63)	%	(n=56)	%
<b>FRIJOL ROSADO</b>						
Primera Posición <sup>€</sup>	48	40,3	34	28,5	14	11,8
Segunda Posición <sup>™</sup>	36	30,2	15	12,6	21	17,6
Tercera Posición <sup>ª</sup>	35	29,4	14	11,8	21	17,6
<b>CULTIVAR BIOFORTIFICADO P-13-38</b>						
Primera Posición <sup>€</sup>	34	31,9	20	16,8	18	15,1
Segunda Posición <sup>™</sup>	41	34,4	18	15,1	23	19,3
Tercera Posición <sup>ª</sup>	40	33,6	25	21,0	15	12,6
<b>CULTIVAR BIOFORTIFICADO P-09-11</b>						
Primera Posición <sup>€</sup>	33	27,7	9	7,5	24	20,2
Segunda Posición <sup>™</sup>	42	35,3	30	25,2	12	10,1
Tercera Posición <sup>ª</sup>	44	37,0	24	20,2	20	16,8

<sup>€</sup> Categoría asignada para la mayor preferencia por ordenamiento.

<sup>™</sup> Categoría asignada para la regular preferencia por ordenamiento.

<sup>ª</sup> Categoría asignada para la menor preferencia por ordenamiento.

Las evaluaciones sensoriales de cultivos biofortificados realizadas en la Región de América Latina, presentaron resultados similares encontrando que no hay diferencias significativas para su aceptabilidad y preferencia por los consumidores en cuanto al sabor de los frijoles mejorados nutricionalmente (biofortificados) ante las variedades de frijoles de uso convencional; así lo manifiestan estudios previos realizados en 2011 en Nicaragua y Colombia; además, destacan otras características organolépticas de preferencia para estos frijoles biofortificados como el espesor del caldo y textura del grano (Centeno et al., 2011; Tofiño et al., 2011).

Los resultados de las pruebas de preferencia por ordenamiento en las áreas indígenas y campesinas muestran las comparaciones entre los cultivares (primera comparación P-09-11 con Rosado), (segunda comparación P-09-11 con P-13-38) y (tercera comparación P-13-38 con Rosado) (Cuadro 3).

El rango o diferencia críticas en el área indígena para la primera comparación fue de 35, en la segunda de 10 y la tercera de 25. Solamente la primera comparación presentó diferencia al 5%, ya que es superior al valor crítico de 26, utilizado para este



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

grupo de 63 panelistas. Por lo que si hay preferencia por el frijol Rosado convencional ante el cultivar biofortificado P-09-11 en las localidades indígenas. En la segunda y tercera comparación no hubo diferencias para área indígena (Cuadro 3).

En el área campesina las diferencias entre las comparaciones no superaron el valor crítico de 25 utilizado para este grupo de 56 panelistas, por lo que no se establece preferencia al comparar las muestras a un nivel de confianza al 5% (Cuadro 3).

Una de las principales fortalezas del estudio fue el trabajo interinstitucional de un equipo multidisciplinario, destacando la etapa de planificación oportuna con productores y moradores en cada una de las localidades por parte del investigador del Proyecto de Mejoramiento de Frijol Poroto y técnicos agrícolas a nivel local; seguido la participación y contribución del equipo docente y estudiantil en la etapa de instalación, con el montaje de cubículos, la codificación de formularios, muestras y en la etapa de toma de datos con la orientación de los participantes durante la aplicación de las pruebas sensoriales. La principal limitante fue la baja asistencia debido a factores climáticos, ya que la recolección de datos se realizó en temporada lluviosa.

**Cuadro 3. Diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para comparaciones entre tres muestras de frijol poroto grano rosado a un nivel de significancia de 5% según lugar de procedencia, Panamá-2017.**

Procedencia	Valor crítico <sup>a</sup>	Comparaciones entre tres muestras					
		P-09-11 - Rosado		P-09-11 – P-13-38		P-13-38 - Rosado	
		Diferencia de la suma de Rangos <sup>a</sup>	Diferencia crítica <sup>b</sup>	Diferencia de la suma de Rangos <sup>a</sup>	Diferencia crítica	Diferencia de la suma de Rangos <sup>a</sup>	Diferencia crítica
Indígena (n=63)	26	(141-106)	35 <sup>b</sup>	(141-131)	10 <sup>a</sup>	(131-106)	25 <sup>a</sup>
Campesina (n=56)	25	(119-108)	11 <sup>a</sup>	(119-109)	10 <sup>a</sup>	(109-108)	1 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> El valor crítico según número de panelistas para comparaciones entre tres muestras.

<sup>b</sup> la suma de rangos o frecuencias totales corresponde a todos los valores de acuerdo a la posición en la prueba por ordenamiento.

<sup>c</sup> Resultado de la diferencia de la frecuencia de dos variedades comparadas.

<sup>a</sup> Si la diferencia de rangos entre dos muestras es menor al valor crítico estas no son diferentes entre sí, según el análisis de ordenamiento por rangos ( $p=0,05$ ).

<sup>b</sup> Si la diferencia de rangos entre dos muestras es mayor al valor crítico esta es estadísticamente diferente, según el análisis de ordenamiento por rangos ( $p=0,05$ ).



## CONCLUSIONES

- Los participantes del estudio en áreas campesinas e indígenas tienen consumo frecuente de frijol poroto en más del 70%.
- Al evaluar sensorialmente las tres muestras no se encontró preferencia entre los cultivares de frijol biofortificado grano rosado P-09-11 y P-13-38 y el Rosado de uso convencional.
- Al separar por lugar de procedencia, en el área indígena se prefiere el frijol poroto Rosado ante el cultivar P-09-11, mientras que no hubo preferencias entre las demás muestras comparadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bilinsky, P, y A. Swindale. 2010. Meses de aprovisionamiento adecuado de alimentos en el hogar (MAHFP): Guía de indicadores. Food and Nutrition Technical Assitences, USAID. 12 p.
- Camargo, I. 2015. Resumen Ejecutivo de Reunión Anual del Proyecto AgroNutre Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). – Harvest Plus LAC.
- Carrillo, P, S. Gallego, y E. Talsma. 2015. Manual de campo: Evaluación Sensorial de Cultivos biofortificados. Proyecto HarvestPlus. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos/Ciat/biblioteca/Manual de Campo Pruebas Sensoriales Cultivos Biofortificados.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos/Ciat/biblioteca/Manual_de_Campo_Pruebas_Sensoriales_Cultivos_Biofortificados.pdf) (consultado 5 dic. 2018).
- Centeno, P. C., Z. Chow, S. Cuadra, D. Brenes, & H. Pachón. 2011. Aceptación de tres líneas de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente por los consumidores nicaragüenses. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 13(2), 179-189.



- Haas, JD, S.V. Luna, M.G. Lung'aho, M.J. Wenger, L.E. Murray, S. Beebe, J.B. Gahutu, and I.M. Egli. 2016. Consuming Iron Biofortified Beans Increases Iron Status in Rwandan Women after 128 Days in a Randomized Controlled Feeding Trial. *J. Nutr.* 146 (8):1586-1592.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 2016. Primer Informe Diagnóstico Socioeconómico y Nutricional para el Proyecto AgroNutre Panamá. Coop. Técnica - financiera de HarvestPlus, Universidad de Panamá, Ministerio de Salud y la FAO. 44 p
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). 2011. Análisis de la Situación Alimentaria en Panamá. 73 p. <http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones-incap/115-panama-informe-analisis-de-situacion-alimentaria/file> (consultado 5 dic. 2018).
- MINSA (Ministerio de Salud de Panamá). 2008. Plan Nacional “Prevención y control de las deficiencias de micronutrientes” 2008 – 2015 con la cooperación técnica del Programa Mundial de Alimentos (PMA), Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y Organización Panamericana de la Salud (OPS). 52 p.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2017. Estudio Multidimensional de Panamá. Volumen 1: p 3. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264278547-en>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2008. Curso de Capacitación sobre la evaluación del crecimiento del niño. Ginebra. Interpretando los indicadores de crecimiento. Suiza. [https://www.who.int/childgrowth/training/c\\_interpretando.pdf](https://www.who.int/childgrowth/training/c_interpretando.pdf) (consultado 18 nov. 2018).
- Pachón, H. 2009. El Impacto Nutricional de Cultivos Biofortificados o Cultivos con Mayor Calidad Nutricional. Proyecto Agro salud. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia.



- Rodríguez, E. 2008. Biofortificación del frijol común con micronutrientes en Panamá. Proyecto de Investigación. Panamá. 53 p.
- Rodríguez, E., R. Gordon, F. Gonzáles, E. Quirós, R. Hernández, E. Palacios, y A. Melgar. 2013. Líneas de Frijol con alto contenido de hierro y zinc. Ciencia Agropecuaria No. 21: 25-37.
- Rodríguez, E., R. Gordon, y F. González. 2016. Líneas de frijol poroto biofortificado de grano rosado en Panamá. Revista Ciencia Agropecuaria. No. 24: 35-51.
- Tofiño, A., R. Tofiño, D. Cabal, A. Melo, W. Camarillo, y H. Pachon. 2011. Evaluación agronómica y sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspect Nutr Humana* 13 (2): 161-177.
- Watts, B.M., G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, y L.G. Elias. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). Ottawa, Ontario. Canadá. con la cooperación técnica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) 174 p.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen principalmente a todos los participantes de este estudio, consumidores y productores de frijol poroto de la Comarca Ngäbe Buglé en las localidades de Cerro Mesa, Cerro Tula y Boca del Monte; de la provincia de Veraguas en localidades del distrito de Santa Fe y de la provincia de Herrera en localidades del distrito de Las Minas. A los docentes y estudiantes de la Escuela de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Centro Regional Universitario de Coclé de la Universidad de Panamá; al personal técnico del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá y de las Regionales del Ministerio de Desarrollo Agropecuario en Las Minas, Herrera y Santa Fe, Veraguas quienes contribuyeron a que fuese posible este trabajo.



## IMPACTO DE LA DIVERSIDAD AGROECOLÓGICA SOBRE EL BARRENADOR DEL TALLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR<sup>1</sup>

**Randy Atencio<sup>2</sup>; François-Régis Goebel<sup>3</sup>; Abby Guerra<sup>4</sup>; Silvia López<sup>4</sup>**

### RESUMEN

*Diatraea tabernella* Dyar causa daños a la caña de azúcar atacando los tallos, provocando perforaciones internas y reduciendo así la producción de azúcar. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la diversidad de zonas agroecológicas dentro de una localidad sobre el porcentaje de entrenudos barrenados (% EB), parasitismo y producción de caña de azúcar asociados al barrenador del tallo *D. tabernella*. El estudio se realizó entre enero de 2015 y febrero de 2017 con la variedad comercial BT77-42 en tres zonas agroecológicas determinadas por la proximidad a la plantación de la caña de azúcar: Z1-Fuente de agua cercana, Z2-Campo interior y Z3-Cerca de manglar. Se tomaron 100 tallos de caña de azúcar por tratamiento (3 hectáreas para cada tratamiento). Cada tallo se cortó longitudinalmente con un machete y se contó el número de entrenudos barrenados para determinar el % EB, donde también se midieron los parámetros agronómicos y de calidad del azúcar en períodos asignados. El estudio indica que considerando la media de los tres años la zona con el menor % EB durante ese período fue Z3-Cerca de manglar. La reducción de la producción de azúcar se relacionó con el % EB. *Cotesia flavipes* Cameron estuvo presente tanto en la temporada de cosecha como de crecimiento; fue el parasitoide más persistente de *D. tabernella* (+30%). Las plantaciones que mezclan la diversidad de zonas agroecológicas podrían tener efectos positivos en la mitigación de los ataques de los barrenadores.

**Palabras claves:** *Diatraea tabernella*, entrenudos barrenados, parasitismo, producción.

<sup>1</sup>Recepción: 20 de agosto de 2020. Aceptación: 3 de septiembre de 2020. Actividad de investigación dentro del convenio de colaboración CIRAD / Grupo CALESA (2014-2018).

<sup>2</sup>Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Investigación Agropecuaria Divisa (CIA Divisa). e-mail: [randy.atencio@gmail.com](mailto:randy.atencio@gmail.com)

<sup>3</sup>Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), unidad AÏDA (Agroecología y Manejo Sostenible de Cultivos Anuales), Montpellier, Francia.

<sup>4</sup>Laboratorio de Biotecnología, Compañía Azucarera La Estrella S.A., Panamá (Grupo CALESA).



## IMPACT OF AGROECOLOGICAL DIVERSITY ON THE SUGARCANE STEM BORER

### ABSTRACT

*Diatraea tabernella* Dyar causes damage to the sugarcane stalks, causing internal perforations and reducing sugar production. The objective of this experiment was to determine the influence of diversity of agroecological zones within a locality on the percentage of bored internodes (% IB), parasitism and sugarcane production associated with the stem borer *D. tabernella*. The study was conducted from January 2015 to February 2017 with the commercial variety BT77-42, in three agroecological zones determined on the proximity of the planted sugarcane: Z1-Near water source, Z2-Within sugarcane field and Z3-Near mangrove. One hundred sugarcane stems were taken per treatment (3 hectares for each treatment). Each stem was longitudinally cut using a machete and the number of bored internodes were counted to determine the % IB, agronomic and sugar quality parameters were also measured in assigned periods. The three years average indicates that the zone with the least % IB during that period was the Z3-Near mangrove. The sugar production reduction was linked to the % IB. *Cotesia flavipes* Cameron was present during both harvesting and growing season; it was the most persistent parasitoid of *D. tabernella* (+30%). The sugarcane plantation with landscapes that mix diversity of agroecological zones could potentially have positive effects in the reduction of attacks by stem borers.

**Key words:** *Diatraea tabernella*, bored internodes, parasitism, production.

### INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es uno de los cultivos más importantes en Panamá, con más de 40 500 hectáreas plantadas en 2016 (INEC, 2017); teniendo un gran impacto en el contexto de la creación de empleos y la producción de azúcar, alcohol y derivados para el mercado interno y la exportación.

El cultivo implica la manipulación agronómica, la selección de variedades y el manejo del cultivo para lograr la productividad esperada. *Diatraea saccharalis* (Fab.) (Lepidoptera: Crambidae), *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae), *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae) y *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) se consideran en Panamá plagas importantes para la caña de azúcar (Esquivel, 1980; Narváez, 1989). Los barrenadores del tallo causan daños a la caña de azúcar al



atacar los tallos, causando perforaciones internas y reduciendo así la producción de azúcar (Gamonal, 1989; Chaves et al., 1999; Gómez et al., 2009).

### **Concepto de zonas agroecológicas y caña de azúcar**

La zona agroecológica es una unidad de mapeo de la tierra, definida en términos de clima, topografía, suelos y cobertura vegetal, con un potencial y límites de uso específicos para fines agrícolas (FAO, 1997). La delineación de estas áreas toma en cuenta la información sobre el clima, el suelo y las necesidades biofísicas del cultivo (Jiménez et al., 2004).

Por ejemplo, en México, la zonificación agroecológica funciona para ubicar el cultivo de la caña de azúcar en zonas potencialmente aptas y restringidas (Jiménez et al., 2004), donde en plantaciones dentro del Estado de Veracruz, obtuvieron una productividad un 12% más baja en relación con el potencial agroecológico, al no ser ubicadas en zonas agroecológicas adecuadas, bajo condiciones de ensayos realizados (Aguilar, 2014). La zona agroecológica puede influir en condiciones como la sequía y el riego de las plantaciones de caña de azúcar, según estudios realizados en México (Santillán-Fernández et al., 2016).

En Brasil la Zonificación Agroecológica de la Caña de Azúcar (ZAE Cana) permitió reducir o evitar el impacto ambiental negativo en términos de emisión de gases de efecto invernadero y degradación de la biodiversidad (Almeida, 2012), donde la zonificación agroecológica brasileña toma en cuenta solo algunos aspectos de los servicios de los ecosistemas y la biodiversidad (Leopold, 2010).

En Colombia, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) analizó la producción de variedades de caña de azúcar y utilizó la diferenciación agroecológica para determinar productividad (baja, media, alta) de las mismas (González y Chavarro, 2010). En Venezuela, los estudios de caña de azúcar demuestran las diferencias en las zonas agroecológicas debido a la baja retención de humedad del suelo (Zérega y Hernández, 2005).

En Costa Rica, por ejemplo, los estudios sobre la zonificación agroecológica se orientaron a la combinación de tres variables: rendimiento potencial, condiciones climáticas



necesarias para la acumulación de sacarosa y clases de suelo (Rojas y Eldin, 1983). En Guatemala, se estudió la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar con parámetros de equilibrio hídrico y fertilidad del suelo (Villatoro et al., 2012).

La incidencia de barrenadores del tallo en la caña de azúcar y la distribución pueden variar considerablemente entre diferentes zonas ecológicas (Assefa et al., 2010; Rahman et al., 2013; Cherry et al., 2015) y la distribución geográfica de la estructura está influenciada por un número de factores asociados con cada ubicación (Joyce et al., 2014; Lopes et al., 2014; Vargas et al., 2015).

Diversos estudios consideran el papel de los factores agroecológicos, incluidas las perturbaciones por los depredadores, los hospederos alternos y las condiciones fenológicas de cosecha, sobre las poblaciones de insectos en los tallos (Beuzelin, 2011).

Dentro los estudios orientados a la distribución de barrenadores de tallos de caña de azúcar dentro de zonas agroecológicas se encuentran por ejemplo los realizados en Bangladesh, dentro de 12 zonas agroecológicas, donde la incidencia y la distribución de los barrenadores varió significativamente entre las diferentes zonas, con la especie predominante de barrenador del tallo *Chilo tumidicostalis* Hampson con un 23-36% de infestación (Rahman et al., 2013).

Los factores inherentes a cada zona agroecológica pueden afectar la distribución y el ataque de los barrenadores de la caña de azúcar, tales como *D. saccharalis* (F.) y *Eoreuma loftini* (Dyar) que son plagas de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y arroz (*Oryza sativa* L.) (Beuzelin, 2011). Los impactos sobre la biodiversidad y el almacenamiento de carbono también se pueden utilizar para determinar la zonificación agroecológica (Chaplin-Kramer et al., 2015).

En Panamá se ha implementado la zonificación Agro-ecológica con enfoques tales como el utilizado por el Programa Nacional de Zonificación Agro-ecológica del MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) (MIDA, 2009) con resultados específicos por ejemplo para la zonificación de 20 especies de pastos y forrajes, todo ello enfocado dentro de un concepto de diversidad y productividad de zonas; pero existen otras opciones tales



como la Zonificación Agroecológica propuesta por Holdridge (1967), considerando regiones latitudinales y pisos altitudinales.

El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de diversidad de zonas agroecológicas dentro de una localidad sobre el porcentaje de entrenudos barrenados (% E.B.), parasitismo y producción de caña de azúcar asociados al barrenador del tallo *D. tabernella*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio del estudio

El estudio se realizó en Compañía Azucarera La Estrella S.A. (Grupo CALESA), Natá, en Panamá desde enero de 2015 hasta febrero de 2017, que incluye los períodos de cosecha desde 2015 hasta 2017 y períodos de cultivo de caña de azúcar de 2015 y 2016, utilizando la variedad BT77-42. Durante los tres años del estudio se tuvo una precipitación promedio de 901,4 mm y una temperatura promedio de 27,5° C en la localidad seleccionada, considerando los datos proveídos por la estación meteorológica de grupo CALESA.

Según la Clasificación de Climas (según Köppen) la localidad del estudio se ubica dentro de un Clima Tropical de Sabana (Awi) con lluvias anuales generalmente inferiores a 1000 mm, dentro del Arco Seco de Panamá, cuya cobertura boscosa está dividida entre uso agropecuario, rastrojo y manglar (según Clasificación Boscosa y Uso de Suelo en el año 2008) (ANAM, 2009).

La localidad seleccionada para el estudio se ubica dentro del Bosque Seco Premontano según la Clasificación de Zonas de Vida según Holdridge y según la Capacidad de Uso de Suelo se clasifica como tipo VII (no arable, con limitaciones muy severas, apta para pastos, bosques de tierras de reservas) (ANAM, 2009). De igual manera el sitio de estudio se ubica dentro de una zona donde los suelos según el sistema de Taxonomía de Suelos son de predominancia del orden Alfisol (Villarreal et al., 2010).

Dentro del estudio se determinaron tres zonas agroecológicas dentro de una localidad con plantaciones de caña de azúcar con más de 100 años como monocultivo,



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

considerando para ello las características de la diversidad de cobertura vegetal (considerando el paisaje agrario (Altieri y Koohafkand, 2014), adaptando el concepto de zonificación agroecológica (ZAE) refiriéndose a la división de la superficie de la tierra en unidades más pequeñas con características similares (FAO, 1997).

Por ello se designaron tres zonas definidas para la localidad (Cuadro 1): Z1-Fuente de agua cercana (Figura 1), Z2-Campo interior (Figura 2) y Z3-Cerca de manglar (Figura 3), distribuidas dentro de una plantación de caña de azúcar seleccionada (Figura 4).

**Cuadro 1. Descripción de las tres zonas agroecológicas.**

Tratamiento	Descripción
Z1-Fuente de agua cercana	Territorio cercano a quebrada originada del Río Pocrí
Z2-Campo interior	Territorio cercano a campos centrales de Grupo CALESA, + de 100 años de producción.
Z3-Cerca de manglar	Territorio cercano al manglar marino costero, representado principalmente por las especies mangle prieto ( <i>Avicennia nitida</i> Jacq.), mangle blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaertin) y mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> L.) (Mack y Herrera, 2018).



**Figura 1. Z1-Fuente de agua cercana.**



**Figura 2. Z2-Campo interior.**



**Figura 3. Z3-Cerca de manglar.**



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



**Figura 4. Disposición en campo dentro de la localidad de Natá (Google, 2020).**

#### **Variables de daño, parámetros agronómicos y calidad de azúcar**

Se tomaron 100 tallos por tratamiento (3 hectáreas por tratamiento). Se tomaron muestras de cinco grupos aleatorios de 20 tallos por cada tratamiento. Los tallos fueron tomados uno seguido de otro en línea recta en la fila. Se tomaron a 10 metros de la carretera principal y 10 filas desde la separación de cada parcela. Cada tallo se cortó longitudinalmente usando un machete para contar el número de entrenudos barrenados para obtener el porcentaje de entrenudos barrenados (% E.B.) y medir la longitud de los túneles (cm) dentro de cada entrenudo barrenado.

Para determinar el impacto en la calidad del azúcar y la biomasa, se tomaron muestras de tallo (tres réplicas de 5 tallos) de cada zona agroecológica. Se llevaron muestras de tallos al Laboratorio de Calidad Azucarera en CALESA para medir la calidad del azúcar y el rendimiento: Pol, Sacarosa, Brix, Pureza, rendimiento de fibra y azúcar ( $\text{tha}^{-1}$ ).



## Tasa de parasitismo

Se registró la longitud del tallo individual, peso del tallo, el diámetro y la tasa de parasitismo en el campo (huevos, larvas y pupas):

Parasitismo de huevos:(Número de huevos parasitados / huevos totales) X 100.

Parasitismo de larvas:(Número de larvas parasitadas / larvas totales) X 100.

Parasitismo de pupas:(Número de pupas parasitadas / pupas totales) X 100.

## Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) utilizando Statgraphics Plus 5 La tabulación de datos, el cálculo de porcentajes, los cuadros y los gráficos fueron realizados con el programa Microsoft Excel 2016.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Daño general

Durante la cosecha del año 2015, el % E.B. por larvas de *D. tabernella* (Figura 5, 6 y 7) fue significativamente mayor en la Z1-Fuente de agua cercana ( $1,96 \pm 4,35$ ). Durante el período de cosecha en 2016 no hubo diferencias significativas en las zonas agroecológicas. Durante el período de cosecha 2017 hubo diferencias significativas en las zonas agroecológicas siendo el más alto % E.B. en áreas Z1-Fuente de agua cercana ( $3,20 \pm 5,91$ ) y Z2-Campo interior ( $4,30 \pm 8,56$ ). La media de los tres años indica que la zona con el más bajo % E.B. fue Z3-Cerca de manglar ( $1,58$ ) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Porcentaje de entrenudos barrenados durante tres períodos de cosecha en tres zonas agroecológicas.**

Tratamiento	2015	2016	2017	X
Z1-Fuente de agua cercana	$1,96 \pm 4,35a^*$	$1,68 \pm 4,28$	$3,20 \pm 5,91ab$	2,28
Z2-Campo interior	$1,29 \pm 2,89b$	$1,59 \pm 4,39$	$4,30 \pm 8,56a$	2,39
Z3-Cerca de manglar	$1,21 \pm 2,70b$	$1,94 \pm 5,58$	$1,58 \pm 3,73b$	1,58
<i>p</i>	0,0000	0,9321	0,0101	0,31

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).





**Figura 5. Larva de *D. tabernella* (40 mm).**



**Figura 6. Larva de *D. tabernella* dentro de entrenudo de caña de azúcar.**



**Figura 7. Daño de *D. tabernella* dentro de tallos de caña de azúcar.**

Durante la cosecha se demostró que el % E.B. por barrenadores de caña de azúcar puede afectarse por diferencias en las zonas agroecológicas. Los resultados en el presente estudio indican que los % E.B. fueron significativamente más altos ( $P < 0,05$ ) en el año 2015 en la Z1-Fuente de agua cercana ( $1,96 \pm 4,35$ ), confirmando resultados en otras regiones cañeras, como por ejemplo en Bangladesh, que indican que la cercanía de las parcelas de caña a fuentes de pueden incrementar los daños de barrenadores en comparación con las zonas más próximas a monocultivo (Assefa et al., 2010; Rahmanl et al., 2013; Cherry et



al., 2015), incluyendo casos de reducción hasta de 1/3 de la producción atendiendo a la diferencia de las zonas agroecológicas.

### VARIABLES AGRONÓMICAS DURANTE LA TEMPORADA DE COSECHA

Analizando las variables agronómicas, el tratamiento Z1-Fuente de agua cercana en términos de número de entrenudos (24,17±3,36), perforaciones por tallo (0,45±0,97) y % E.B. (1,96±4,35) fue estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) más alto que los otros 2 tratamientos durante la cosecha de 2015 (Cuadro 3).

Para las tres zonas agroecológicas analizadas durante la temporada de cosecha de 2016, no hubo diferencias significativas en las variables agronómicas (Cuadro 4).

Durante la cosecha de 2017, en cuanto a las variables altura, peso, diámetro base y diámetro medio del tallo provenientes de áreas Z3-Cerca de manglar, fueron diferentes y menos afectadas por las perforaciones y el % E.B. (1,58±3,73) (Cuadro 5). Dentro de Z2-Campo interior y Z1-Fuente de agua cercana se encontró un mayor % E.B.

**Cuadro 3. Niveles de daño y parámetros agronómicos de tallos para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2015 (media (± SE)).**

Tratamiento	Altura (cm)	Peso (kg)	Diámetro base (cm)	Diámetro medio (cm)	Número de entrenudos	Perforaciones por tallo	% Entrenudos barrenados	Largo de las galerías (cm)	% del largo de las galerías
Z1-Fuente de agua cercana	197,90±28,92b*	1,46±0,42	2,84±0,45b	2,78±0,37b	24,17±3,36a	0,45±0,97a	1,96±4,35a	1,1±4,01	0,58±2,10
Z2-Campo interior	207,46±23,99a	1,47±0,43	2,88±0,43b	2,78±0,40b	24,19±3,40a	0,29±0,64b	1,29±2,89b	0,89±3,55	0,44±1,78
Z3-Cerca de manglar	197,25±22,71b	1,46±0,41	2,93±0,41a	2,84±0,37a	23,57±3,45b	0,27±0,58b	1,21±2,70b	0,89±4,46	0,47±2,36
<i>p</i>	0,0000	0,8579	0,0001	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,4423	0,3219

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).

**Cuadro 4. Niveles de daño y parámetros agronómicos de tallos para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha 2016 (media (± SE)).**

Tratamiento	Altura (cm)	Peso (kg)	Diámetro base (cm)	Diámetro medio (cm)	Número de entrenudos	Perforaciones por tallo	% Entrenudos barrenados	Largo de las galerías (cm)	% del largo de las galerías
Z1-Fuente de agua cercana	211,96±29,77	1,70±0,47	3,34±0,48	3,33±0,41	25,35±5,61	0,36±0,83	1,68±4,28	4,68±12,18	2,45±6,98
Z2-Campo interior	206,06±28,81	1,61±0,63	3,36±0,58	3,50±0,48	24,94±4,36	0,32±0,84	1,59±4,39	3,84±11,02	2,10±5,99
Z3-Cerca de manglar	214,32±30,30	1,53±0,43	3,44±0,52	3,48±0,40	24,50±4,55	0,34±0,89	1,94±5,58	4,7±12,80	2,31±6,37
<i>p</i>	0,3593	0,2432	0,5962	0,1083	0,6865	0,9731	0,9321	0,9201	0,9643

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente



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

**Cuadro 5. Niveles de daño y parámetros agronómicos de tallos para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2017 (media (± SE)).**

Tratamiento	Altura (cm)	Peso (Kg)	Diámetro base (cm)	Diámetro medio (cm)	Número de entrenudos	Perforaciones por tallo	% Entrenudos barrenados	Largo de las galerías (cm)	% del largo de las galerías
Z1-Fuente de agua cercana	149,64±23,59c*	1,30±0,58b	2,89±0,58a	2,52±0,48b	17,78±3,99	0,49±0,86ab	3,20±5,91ab	3,93±8,09	2,74±5,82b
Z2-Campo interior	164,89±42,66b	1,42±0,78b	2,69±0,63b	2,55±0,81ab	17,20±4,77	0,59±1,09a	4,30±8,56a	3,99±8,29	2,67±5,61b
Z3-Cerca de manglar	176,31±30,68a	1,72±0,51a	2,99±0,55a	2,70±0,42a	17,62±3,38	0,26±0,59b	1,58±3,73b	2,18±5,67	1,25±3,35a
<i>p</i>	0,0000	0,0000	0,0016	0,0602	0,5878	0,0246	0,0101	0,1478	0,0623

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ).

Las variables agronómicas de altura, peso de tallos y diámetro son afectadas igualmente por las zonas agroecológicas, un incremento a la cercanía de fuentes de agua permite incrementar el número de entrenudos que igualmente potencia el incremento de % E.B., pero la cercanía de diversidad de un ecosistema como el de los manglares (Z3-Cerca de manglar) puede tener un impacto en el % E.B. y el largo de las galerías perforadas dentro de los tallos, potencialmente relacionado al establecimiento en dichas condiciones de enemigos naturales de barrenadores de los tallos, como los aspectos planteados a servicios de ecosistema y biodiversidad relacionados a zonas agroecológicas planteados en Brasil (Leopold, 2010).

### Parámetros de calidad del azúcar durante las temporadas de cosecha

Durante la temporada de cosecha 2015 hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las zonas agroecológicas, destacando el tratamiento Z3-Cerca de manglar con las variables del contenido de azúcar de Pol, Brix, Sacarosa, Fibra (%) y tonelaje de azúcar ( $7,89 \pm 0,59 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Parámetros y rendimientos de la calidad del azúcar para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha 2015 (media (± SE)).**

Tratamientos	Pol	Brix	Sacarosa	Pureza	Fibra (%)	Producción de azúcar (t ha <sup>-1</sup> )
Z1-Fuente de agua cercana	64,66±6,98ab*	18,76±1,63b	15,57±1,58b	0,81±0,23	14,32±1,83a	7,27±0,82b
Z2-Campo interior	61,10±6,20b	17,84±1,48c	14,83±1,42b	0,74±0,30	13,33±1,53b	6,93±0,73b
Z3-Cerca de manglar	66,45±12,17a	19,60±1,02a	16,67±1,06a	0,80±0,40	13,67±0,91ab	7,89±0,59a
<i>p</i>	0,0846	0,0001	0,0000	0,6366	0,0599	0,0000

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ); Brix (%): porcentaje del total de sólidos solubles en solución (jugo); Sacarosa (%): porcentaje de sacarosa en materia seca.



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

Durante la temporada de cosecha 2016 y 2017, no hubo diferencias significativas en los tratamientos en términos de variables de contenido de azúcar (Cuadros 7 y 8).

**Cuadro 7. Parámetros y rendimientos de la calidad del azúcar para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2016 (media ( $\pm$  SE)).**

Tratamientos	Pol	Brix	Sacarosa	Pureza	Fibra (%)	Producción de azúcar (t ha <sup>-1</sup> )
Z1-Fuente de agua cercana	71,22 $\pm$ 7,16	20,13 $\pm$ 1,55ab*	17,12 $\pm$ 1,61	84,81 $\pm$ 3,37	13,29 $\pm$ 1,44	8,09 $\pm$ 0,91
Z2-Campo interior	68,81 $\pm$ 6,84	19,52 $\pm$ 1,55b	16,51 $\pm$ 1,39	84,62 $\pm$ 3,42	13,50 $\pm$ 1,06	7,79 $\pm$ 0,74
Z3-Cerca de manglar	71,89 $\pm$ 7,55	20,31 $\pm$ 1,49a	17,26 $\pm$ 1,72	84,89 $\pm$ 2,88	13,72 $\pm$ 1,33	8,16 $\pm$ 0,95
<i>p</i>	0,2236	0,1162	0,1561	0,9444	0,436	0,2108

\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ); Brix (%): porcentaje del total de sólidos solubles en solución (jugo); Sacarosa (%): porcentaje de sacarosa en materia seca.

**Cuadro 8. Parámetros y rendimientos de la calidad del azúcar para cada zona agroecológica durante la temporada de cosecha de 2017 (media ( $\pm$  SE)).**

Tratamientos	Pol	Brix	Sacarosa	Pureza	Fibra (%)	Producción de azúcar (t ha <sup>-1</sup> )
Z1-Fuente de agua cercana	69,95 $\pm$ 10,14	19,90 $\pm$ 2,45	16,83 $\pm$ 2,25	84,34 $\pm$ 2,49	13,87 $\pm$ 0,80	8,57 $\pm$ 1,21
Z2-Campo interior	69,18 $\pm$ 9,47	19,87 $\pm$ 2,55	16,63 $\pm$ 2,10	83,95 $\pm$ 1,98	13,87 $\pm$ 0,96	8,42 $\pm$ 1,07
Z3-Cerca de manglar	67,48 $\pm$ 7,54	19,07 $\pm$ 1,78	16,31 $\pm$ 1,70	85,46 $\pm$ 2,59	13,85 $\pm$ 0,99	8,35 $\pm$ 0,94
<i>p</i>	0,75	0,5325	0,7755	0,2059	0,9976	0,8527

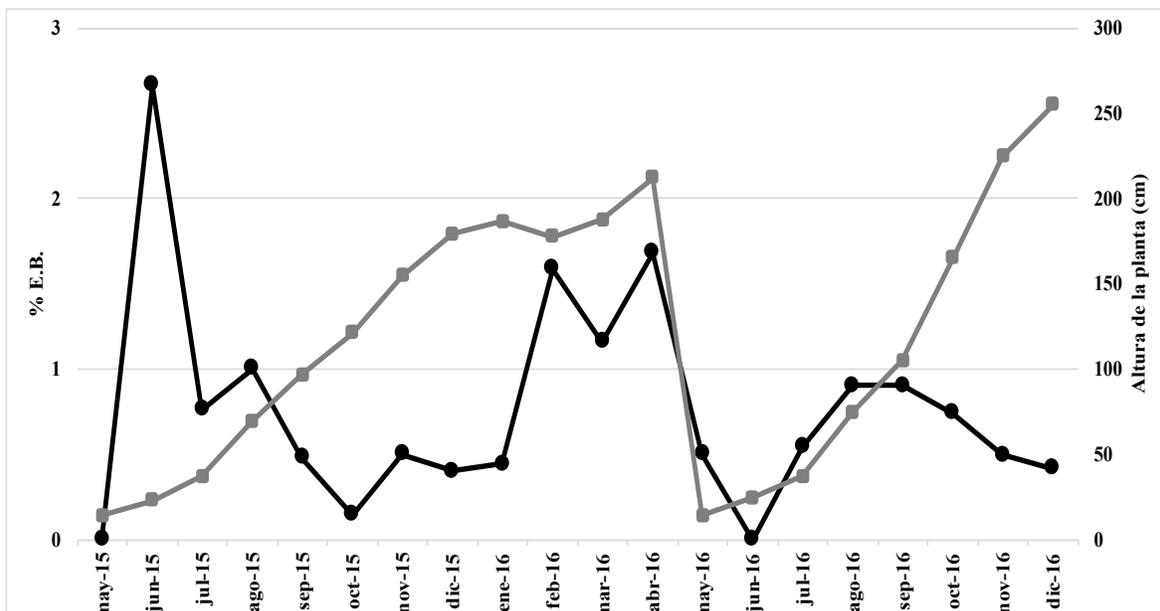
\* Los valores dentro de una columna seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $\alpha = 0,05$ ); Brix (%): porcentaje del total de sólidos solubles en solución (jugo); Sacarosa (%): porcentaje de sacarosa en materia seca.

En cuanto a las variables de calidad de azúcar, no hubo diferencia significativa en la producción de azúcar en dos años de producción (2016-2017), dando como resultado que la relación de entrenudos afectados en el mismo período aclara más el efecto del barrenador sobre los campos de producción evaluados; en el año 2015 se incrementó el contenido de azúcar de Pol, Brix, Sacarosa, Fibra (%) y tonelaje de azúcar en la zona de producción (Z3-Cerca de manglar), aunque el tonelaje de caña en campo puede ser similar para las tres condiciones que se estudiaron; si consideremos este planteamiento, experiencias en Colombia en la producción en diferentes zonas agroecológicas brinda opciones de manejo para el incremento de azúcar en fábrica (González y Chavarro, 2010).

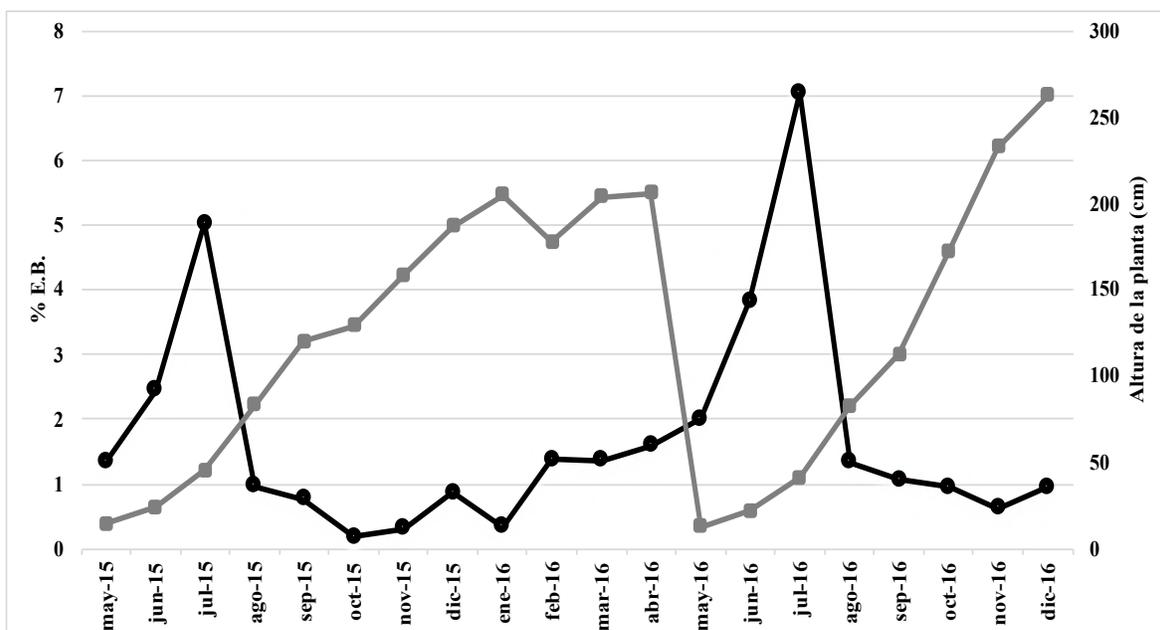


### Porcentaje de entrenudos barrenados en comparación con la altura de la planta

La comparación del % E.B. con la altura del tallo durante 20 meses en la Z1-Fuente de agua cercana mostró que el % E.B. es mayor (en junio de 2015: 2,67%) cuando la altura del tallo es inferior a 100 cm y la planta tiene menos de cuatro meses de edad (Figura 8).

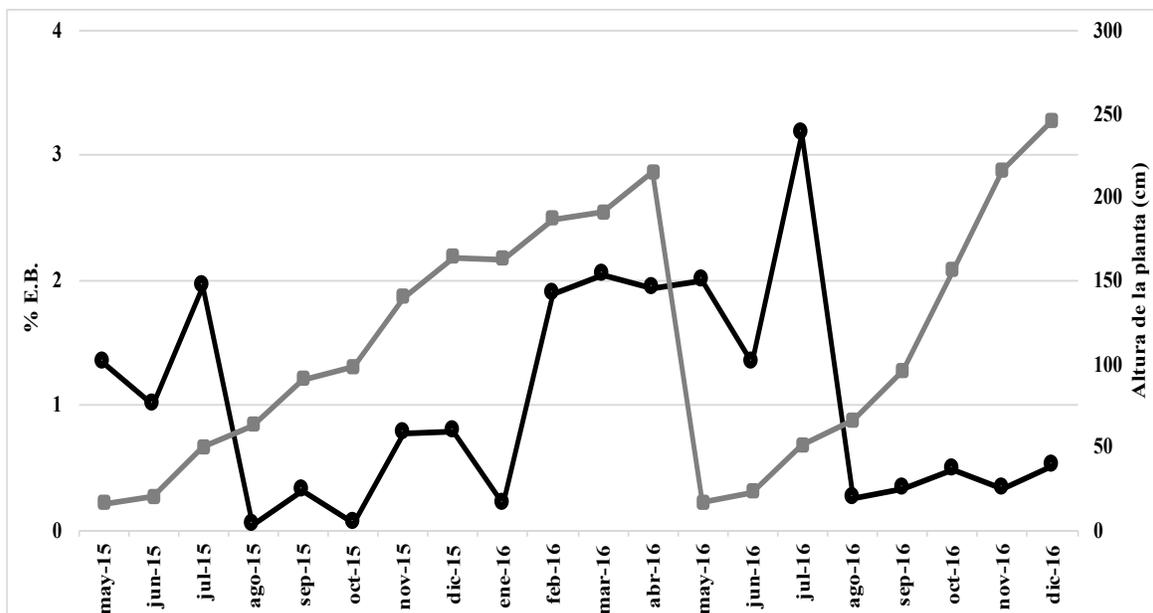


La comparación del % E.B. con la altura del tallo durante 20 meses en la Z2-Campo interior mostró que el % E.B. es mayor (en julio de 2016: 7,04%) cuando la altura del tallo era inferior a 100 cm y la planta tenía menos de 4 meses de edad (Figura 9).



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

La comparación del % E.B. con la altura del tallo durante 20 meses en Z3-Cerca de manglar mostró que el % E.B. es mayor (en julio de 2016: 3,18%) cuando la altura del tallo es inferior a 100 cm y la planta también tiene menos de 4 meses de edad (Figura 10).



Los resultados indican que las oportunidades para el manejo de los barrenadores son mayores en la medida que ciertas condiciones ambientales o de biodiversidad permitan limitar el establecimiento de los barrenadores, por tanto, en la medida que esas condiciones estén presentes durante los primeros cuatro meses de crecimiento de la caña el % de E.B. podría limitarse. Dicho planteamiento ha tenido efectos en los estudios relacionados a épocas de siembra e impacto de la biodiversidad establecida en cultivos de caña de azúcar y arroz (Beuzelin, 2011; Pomar, 2015; Chaplin-Kramer et al., 2015).

Un campo de producción con mayor cantidad de hectáreas como monocultivo, facilita hasta cierto punto el establecimiento de los barrenadores incrementando el % E.B.

### Tasa de parasitismo

#### Tasa de parasitismo en *D. tabernella* durante las temporadas de cosecha

La tasa de parasitismo más alta se encontró con *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) (50%) (parasitoide de larvas natural) (Figura 11 y 12) en la



zona Z2-Campo interior y con *Tetrastichus howardi* Olliff (Hymenoptera:Eulophidae) (50%) (parasitoide de pupas liberado) (Figura 13 y 14) en la zona Z3-Cerca de manglar (Cuadro 9). Durante los muestreos no se encontró parasitismo sobre huevos.

La zona Z1-Fuente de agua cercana presento la presencia de *Lixophaga diatraeae* (Townsend) (Diptera:Tachinidae) (parasitoide de larvas liberado) (33,33%) (Figura 15). Durante la temporada de cosecha 2015, se encontró tres especies de parasitoide *Billaea claripalpis* Wulp (Diptera:Tachinidae) (parasitoide de larvas natural), *Lixophaga diatraeae* y *Tetrastichus howardi* en Z3-Cerca de manglar, aunque la tasa final de parasitismo fue baja (21,43%).

**Cuadro 9. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante la temporada de cosecha 2014-2015.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	33,33	0,00	0,00	33,33	0,00
Z2-Campo interior	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	21,43	0,00	8,33	8,33	50,00

Durante la temporada de cosecha 2016, se encontró parasitismo (natural) por *C. flavipes* (50%) y *L. diatraeae* en el Z2-Campo interior y Z3-Cerca de manglar (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante la temporada de cosecha de caña de azúcar 2015-2016.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Z2-Campo interior	50,00	0,00	0,00	50,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00

Durante la temporada de cosecha de 2017, el mayor porcentaje de parasitismo se encontró en el área Z1-Fuente de agua cercana (75%), donde se colectaron las cuatro especies de parasitoides (Cuadro 11).



**Cuadro 11. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante la temporada de cosecha de caña de azúcar 2016-2017.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	75,00	25,00	25,00	25,00	0,00
Z2-Campo interior	20,00	14,29	0,00	0,00	33,33
Z3-Cerca de manglar	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00



**Figura 11. Adulto de *Cotesia flavipes* Cameron (2 mm).**



**Figure 12. *C. flavipes* parasitando *D.tabernella*.**



**Figura 13. Adulto de *Tetrastichus howardi* Ollif (2 mm).**



**Figura 14. Pupa de *D. tabernella* parasitada con *Tetrastichus howardi*.**





**Figura 15. *Lixophaga diatraeae* (Townsend) adulto (6 mm).**

Durante la temporada de cosecha se determinó la presencia de cuatro parasitoides de manera general en las zonas de estudio incluyendo *Cotesia flavipes*, *Lixophaga diatraeae*, *Billaea claripalpis* y *Tetrastichus howardi*, que evidencia que existen enemigos naturales, pero esta biodiversidad se incrementa en los bordes del monocultivo impactando el % E.B.; que es la idea central del establecimiento de estudios sobre el papel de factores agroecológicos sobre poblaciones de insectos en los tallos y el impacto de los enemigos naturales (Beuzelin, 2011; Joyce et al., 2014; Lopes et al., 2014; Vargas et al., 2015).

#### **Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante el período de crecimiento de la caña de azúcar**

Durante el período de crecimiento de 2015 de la caña de azúcar, la mayor tasa de parasitismo se encontró en el Z2-Campo interior con (33,33%) con dos especies, incluidas *C. flavipes* y *B. claripalpis* (Cuadro 12). Durante los muestreos no se encontró parasitismo sobre huevos.

**Cuadro 12. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante el período de crecimiento de la caña de azúcar en 2015.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	30,00	30,00	0,00	0,00	0,00
Z2-Campo interior	33,33	16,67	16,67	0,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	16,67	25,00	0,00	0,00	0,00



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

Durante el período de crecimiento de 2016 de la caña de azúcar, el mayor parasitismo se encontró en la zona Z1-Fuente de agua cercana (45,45%), donde se colectaron tres especies, incluyendo *C. flavipes*, *B. claripalpis* y *L. diatraeae* (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Tasa de parasitismo de *D. tabernella* durante el período de crecimiento de la caña de azúcar en 2016.**

Tratamiento	Tasa total de parasitismo (%)	Tasa de parasitismo de <i>Cotesia flavipes</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Billaea claripalpis</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Lixophaga diatraeae</i> (%)	Tasa de parasitismo de <i>Tetrastichus howardi</i> (%)
Z1-Fuente de agua cercana	45,45	36,36	0,00	9,09	0,00
Z2-Campo interior	12,50	6,25	6,25	0,00	0,00
Z3-Cerca de manglar	9,09	9,09	0,00	0,00	0,00

Durante la temporada de crecimiento la presencia de tres parasitoides en las zonas de estudio incluyendo *Cotesia flavipes*, *Lixophaga diatraeae* y *Billaea claripalpis* (parasitoides de larvas) indica que existen enemigos naturales, pero la presencia de parasitismo se concentró principalmente en la zona central del cultivo y fuentes cercanas de agua, siendo menor en la zona cercana de manglar justificada en el hecho de un bajo % E.B. relacionado a el papel de factores agroecológicos planteados sobre las poblaciones de insectos en los tallos y la perturbación por enemigos naturales (Beuzelin, 2011; Joyce et al., 2014; Lopes et al., 2014; Vargas et al., 2015).

## CONCLUSIÓN

Esté estudio demostró que la diversidad de zonas agroecológicas dentro de una localidad, incluyendo Z1-Fuente de agua cercana, Z2-Campo interior y Z3-Cerca de manglar, influyen sobre el % E.B., las variables agronómicas, el contenido azucarero, ataques a una altura determinada de la caña de azúcar y parasitismo asociados al barrenador del tallo *D. tabernella* presentes dentro del cultivo de caña de azúcar. Para el caso del parasitismo, no se encontró parasitismo sobre huevos; concentrándose principalmente en tres especies (*Cotesia flavipes*, *Lixophaga diatraeae* y *Billaea claripalpis*) sobre larvas y una especie (*Tetrastichus howardi*) parasitando pupas.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, N. 2014. Reconversión de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar en Veracruz México. *Nova Scientia*, 6(12): 125-161. [doi 10.21640/ns.v6i12.37](https://doi.org/10.21640/ns.v6i12.37)
- Almeida, M. 2012. Analyzing the Brazilian Sugarcane Agroecological Zoning Is this government policy capable of avoiding adverse effects from land-use change? A 90-point thesis submitted to the Victoria University of Wellington, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Environmental Studies. 141 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/41337715.pdf> (consultado 15 nov. 2017).
- Altieri, M., y P. Koohafkant. 2014. SIPAM: un legado mundial de paisajes agrícolas notables. *LEISA, Revista de Agroecología*, 30(3): 6-8. <http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol30n3.pdf> (consultado 12 ago. 2020).
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2009. Atlas de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá. Unidad de Cambio Climático y Desertificación. Comité Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación (CONALSED). Proyectos Editoriales – Panamá. 78 p. [https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land\\_degradation/pa/ATLAS\\_DESERTIFICACION.pdf](https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land_degradation/pa/ATLAS_DESERTIFICACION.pdf) (consultado 15 ago. 2020).
- Assefa, Y., D.E. Conlong, J. Van Den Berg, and A. Mitchell. 2010. Distribution of sugarcane stem borers and their natural enemies in small-scale farmers' fields, adjacent margins and wetlands of Ethiopia. *International Journal of Pest Management*, 56(3): 233-241. <https://doi.org/10.1080/09670870903470223>
- Beuzelin, J.M. 2011. Agroecological factors impacting stem borer (Lepidoptera: Crambidae) dynamics in Gulf Coast Sugarcane and Rice. A Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College in partial fulfillment of the formal requirements for the degree of Doctor of Philosophy in The Department of Entomology. 213 p. [https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2674&context=gradschool\\_dissertations](https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2674&context=gradschool_dissertations) (consultado 25 jul. 2017).



- Chaplin-Kramer, R., R.P. Sharp, L. Mandle, S. Sim, J. Johnson, I. Butnar, L.I.M. Canals, B.A. Eichelberger, I. Ramler, C. Mueller, N. McLachlan, A. Yousefi, H. King, and P.M. Kareiva. 2015. Spatial patterns of agricultural expansion determine impacts on biodiversity and carbon storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(24):7402–7407. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406485112>
- Chaves, M., A. Rodríguez, J. Salazar, y C. Sáenz. 1999. Plagas y fitosanidad de la caña de azúcar en Costa Rica. XI Congreso Nacional Agrónomo / V Congreso Nacional de Entomología. Resumen 115. p. 129. [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-II\\_129.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-II_129.pdf) (consultado 25 jul. 2017).
- Cherry, R.H., G.S. Nuessly, and H.S. Sandhu. 2015. Insect Management in Sugarcane. Department of Entomology, UF/IFAS Extension. ENY-406 (IG065). 7 p. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IG/IG06500.pdf> (consultado 20 sept. 2017).
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). 2017. Resultados de la encuesta sobre la superficie sembrada y cosecha de Café y Caña de Azúcar y producción de Miel y Panela año agrícola 2016/17. Contraloría General de la República de Panamá. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=865&ID\\_CATEGORIA=4&ID\\_SUBCATEGORIA=12](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=865&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=12) (consultado 20 sept. 2018).
- Esquivel, R.E.A. 1980. Basic studies on sugarcane resistant varieties to the giant borer (*Castnia licus* Drury) in Panama. *Entomology Newsletter, International Society of Sugarcane Technologists*, 8: 8-9.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de suelos Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO-Roma. Boletín de Suelos de la FAO 73. <https://www.bivica.org/files/zonificacion-agro-ecologica.pdf>
- Gamonal, H. 1989. El barrenador gigante de la caña de azúcar: *Castnia licus* (Lepid.: Castniidae). *Revista Peruana de Entomología*, 32: 47-49. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/930/899>



Google. 2020. Mapa de Natá. <https://www.google.com.pa/maps/place/Nat%C3%A1/@8.2840799,-80.5171895,2819m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8fadcb0c5c985455:0x819c87080d459db8!8m2!3d8.3029735!4d-80.4326521?hl=es-419>

Gómez, L.A., E.M. Quintero, J.A. Jurado, V. Obando, J.E. Larrahondo, y A. González. 2009. Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. En: Memorias, VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), Cali, Colombia. p.136-143.

González, A., y L.M. Chavarro. 2010. Evaluación de la producción de caña de azúcar a partir de herramientas de agricultura específica por sitio. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (Universidad del Valle Cali, Colombia), 9(enero-diciembre),61-68. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/3463/09Art09.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado 10 sept. 2019).

Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: Ecología Basada en Zonas de Vida, la. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982.

Jiménez, A., V. Vargas, W.E. Salinas, M.J. Aguirre, y D. Rodríguez. 2004. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas, México. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 53: 58-74. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/30203/28063>

Joyce, A.L., W.H. White, G.S. Nuessly, M.A. Solis, and S.J. Scheffer. 2014. Geographic Population Structure of the Sugarcane Borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), in the Southern United States. PLoS ONE.9(10). e110036. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110036>

Leopold, A. 2010. TEEBcase: Agroecological Zoning, Brazil. Retrieved from <http://www.teebweb.org/> (consultado 10 jun. 2017).



- Lopes, D.A., L.B. Cantagalli, A.L.P.B. Stuchi, C.A. Mangolin, and M.C.I.C. Ruvolo-Takasusuki. 2014. Population genetics of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae). *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36(2): 189-194. <https://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.16211>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2009. Resultado de la Zonificación Agroecológica de 20 Especies de Pastos en la República de Panamá. Programa Nacional de Zonificación Agro-ecológica. MIDA / FAO. 139 p. [https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/resultado\\_%5B1%5D.pdf](https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/resultado_%5B1%5D.pdf) (consultado 17 ago. 2020).
- Mack, M., y K. Herrera. 2018. Simulación: Análisis de la Diversidad Biológica en Sistemas Ecológicos Marino-Costeros Tropicales. *Vita Scientiis FBSP*, 1: 46-52. <http://mail2.udelas.ac.pa/site/assets/files/4288/simulacion.pdf>
- Narváez, L. 1989. Caña de Azúcar. In: K. Andrews, J. Quezada, editores. *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro*. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 623 p.
- Pomar, D.M. 2015. Incidencia de los factores fenológicos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la presencia de *Diatraea* spp. en el Valle del Rio Cauca durante los primeros seis meses de crecimiento del cultivo. Santiago, Cali. 43 p. <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/8257/1/T06210.pdf>
- Rahman, M.A., M.S. Noman, M.A. Maleque, M.Z. Alam, S. Afroz, and M.K.A. Chowdhury. 2013. Identification and Distribution of Sugarcane Stem Borer in Bangladesh. *SAARC Journal of Agriculture*, 11(2): 103-116. <https://doi.org/10.3329/sja.v11i2.18406>
- Rojas, O.E., y M. Eldin. 1983. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Costa Rica. *Turrialba (IICA)*, 33(2): 151-160. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9068>



- Santillán-Fernández A., V.H. Santoyo-Cortés, L.R. García-Chávez, I. Covarrubias-Gutiérrez, I., and Merino, A. 2016. Influence of drought and irrigation on sugarcane yields in different agroecoregions in Mexico. *Agricultural Systems*,143: 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.12.013>
- Vargas G., Gomez, L., and Michaud, J.P. 2015. Sugarcane Stem Borers of the Colombian Cauca River Valley: Current Pest Status, Biology, and Control. *Florida Entomological Society*, 98(2): 728-735. <https://doi.org/10.1653/024.098.0249>
- Villatoro, B., O. Pérez, A. Suárez, O. Castro, M. Rodríguez, y C. Ufer. 2012. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala – primera aproximación. <http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/func-startdown/137/>
- Villarreal, J.E., L. Agudo, y J. Villalaz. 2010. Clasificación de suelos de Panamá y sus equivalencias, 2010. [doi:10.13140/RG.2.1.1599.7844](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1599.7844)
- Zérega, L., y T. Hernández. 2005. Caracterización agroecológica de siete localidades con producción de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) en el estado Yaracuy. *Revista Digital CENIAP HOY* (Maracay, Aragua, Venezuela).9(septiembre-diciembre). [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/zerega\\_l/arti/zerega\\_l.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/zerega_l/arti/zerega_l.htm)

### AGRADECIMIENTOS

SENACYT (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación), CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo) y Grupo CALESA (Compañía Azucarera la Estrella, S.A.) por proveer soporte técnico y logístico durante la ejecución del estudio.



## EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ PARA SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DE PANAMÁ, 2017-2019<sup>1</sup>

*Román Gordón-Mendoza<sup>2</sup>; Jorge E. Franco-Barrera<sup>3</sup>; Jorge I. Núñez-Cano<sup>3</sup>;  
Ana E. Sáez-Cigarruista<sup>3</sup>; Francisco P. Ramos-Manzané<sup>4</sup>; Jorge E. Jaén-Villarreal<sup>3</sup>;  
Félix M. San Vicente-García<sup>5</sup>*

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la adaptabilidad y estabilidad de variedades de maíz amarillo de grano normal y alta calidad proteica, se sembraron ensayos en treinta localidades de Panamá. Estos mismos ensayos fueron sembrados en campos de agricultores colaboradores y en la Estación Experimental de El Ejido del IDIAP durante tres años (2017-2019). El primer año se evaluaron 12 variedades luego se redujeron a 10 y finalmente en el 2019 se evaluaron las seis mejores variedades. Se utilizó el diseño experimental Alfa Láctice con tres repeticiones el cual varió a través de años. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza combinado tipo REML y las medias fueron separadas utilizando la Diferencia Mínima Significativa. El análisis de varianza individual por año y combinado a través de años mostró diferencias altamente significativas entre las distintas variedades evaluadas para la variable rendimiento de grano y otras características agronómicas. El análisis mostró que, al reducir el número de variedades, la varianza entre genotipos se redujo, mientras que la varianza entre ambientes aumentó. Al segundo año de estudio se seleccionó la variedad de grano de alta calidad proteica S16LTYQHAB05 como la mejor entre estos genotipos. Después de tres años, el testigo IDIAP-MV-1102 tuvo un rendimiento de 5,49 t·ha<sup>-1</sup>, y el mismo fue superado en más del 15% por el sintético S10TLYNGSHGAB01 con rendimiento de 6,39 t·ha<sup>-1</sup>. El análisis Biplot GGE-SReg identificó a este último como el más estable a través de las localidades. El análisis de la confiabilidad de la respuesta normalizada, indicó que en ocho de cada diez localidades el S10TLYNGSHGAB01 superó al genotipo testigo nacional. De acuerdo a los resultados de esta investigación, se concluye que estas dos variedades cumplen con los requisitos para ser registradas, y se podría recomendar que los utilicen los agricultores de la República de Panamá.

**Palabras claves:** Estabilidad, Biplot GGE-SReg, confiabilidad de la respuesta normalizada, QPM, grano normal.

<sup>1</sup> Recepción: 25 de junio de 2020. Aceptación: 21 de septiembre de 2020. Investigación realizada con fondos del Proyecto "Generación de variedades e híbridos de maíz" del DIAP

<sup>2</sup> Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), M.Sc. e-mail: [gordon.roman@gmail.com](mailto:gordon.roman@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), M.Sc.

<sup>4</sup> Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Ing. Agrónomo.

<sup>5</sup> Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Ph.D.



## EVALUATION AND SELECTION OF MAIZE VARIETIES FOR FAMILIAR FARMING SYSTEMS, PANAMA 2017-2019

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the adaptability and stability of high-quality protein maize (QPM) yellow maize varieties, planted across thirty locations in Panama. They were planted in collaborating farmers' fields and in the IDIAP Experimental Station of El Ejido during three years (2017-2019). The first year, 12 varieties were evaluated, then they were reduced to 10, and finally, in 2019, the six best varieties were evaluated. It was used The Alpha Lattice experimental design with three repetitions, which varied through years. A combined analysis of variance type REML was calculated to the data and the means were separated using the Minimum Significant Difference. The analysis of variance per year and combined through years showed highly significant differences between the varieties evaluated for grain yield and other agronomic traits. The analysis showed that, by reducing the number of varieties, the variance between genotypes decreased, while the variance between environments increased. In the second year of the study, the QPM variety S16LTYQHAB05 was selected as the best among these genotypes. After three years, the control IDIAP-MV-1102 had a yield of  $5,49 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , and it was surpassed by more than 15% by the synthetic S10TLYNGSHGAB01 with a yield of  $6,39 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . The Biplot GGE-SReg analysis identified the latter as the most stable across locations. The analysis of the reliability of the normalized response indicated that in eight out of ten locations the S10TLYNGSHGAB01 outperformed the national control genotype. Registration of the two varieties is recommended for farmers' use in the Republic of Panama.

**Key words:** Stability, Biplot GGE-SReg, Reliability normalized response, QPM, normal grain.

### INTRODUCCIÓN

En Panamá se consumen anualmente cerca de medio millón de toneladas de maíz de grano amarillo. En el país se producen en promedio 89,000 toneladas y el resto son importadas. El 12% del grano que se comercializa en el país, es para el consumo humano, en tanto que el 88% restante, es dedicado a la producción de alimentos para animales en forma de piensos. En Azuero se produce el 80% del maíz nacional, en un área cercana a las 15 mil hectáreas; el resto es producido en todo el país. Una parte de la producción comercial procede de los sistemas altamente tecnificados que utilizan semilla de híbridos simples. La otra parte del grano comercializado, resulta de los productores con tecnología intermedia y agricultura campesina que utilizan semilla de variedades de polinización



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

abierta. Estos últimos se encuentran ubicados a lo largo de todo el país y representan un gran porcentaje de habitantes de las zonas rurales del país.

Ambos sistemas de producción se han desarrollado bajo un clima adverso con baja precipitación pluvial, la cual ha sido característico en todas las provincias del país en la última década. Sequías al inicio de los ciclos de siembra, lluvias más intensas en algunos períodos de cultivo y la aparición de nuevas plagas están causando trastornos importantes en la productividad y la seguridad alimentaria. Reportes de investigaciones recientes, incluyendo estudios de modelación, señalan que el impacto del calentamiento global podría causar significativas disminuciones en el rendimiento de maíz y otros cultivos en los próximos años (Ruane et al., 2013; Srivastava et al., 2018; Kogo et al., 2019). El desarrollo de nuevos cultivares que mitiguen el efecto de la sequía y mejoren la eficiencia del cultivo producirá beneficios económicos para los agricultores al reducir el impacto de la sequía y otros problemas abióticos.

El Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) como parte del CGIAR (Consortium of International Agricultural Research Centers) genera variedades sintéticas de maíz que distribuye a muchos países a nivel de los cinco continentes. Estas variedades están dirigidas a productores de agricultura familiar tradicional o de bajos insumos, que siembran en entornos de secano con presencia de estrés hídrico por distribución irregular de las lluvias. Los ensayos en ambientes múltiples son muy importantes en los programas de mejoramiento del cultivo para estudiar la estabilidad del rendimiento de los distintos cultivares a través de los mismos.

Uno de los propósitos de la evaluación de genotipos a través de ambientes, es identificar localidades de prueba que discriminen de manera efectiva genotipos superiores para un Mega ambiente. Una localidad de prueba "ideal" debería ser tanto discriminatorio de los genotipos como representativo del Mega ambiente (Yan et al., 2007). Las diferentes respuestas de los genotipos en los distintos ambientes son conocidas como la Interacción Genotipo-Ambiente (IGA). Existen muchos modelos que miden esta interacción (Eberhart y Russell, 1966; Crossa et al., 1991; Yan y Rajcan, 2002), pero todos buscan interpretar como interaccionan los genotipos en los distintos ambientes evaluados. El modelo GGE SReg es un modelo multiplicativo que absorbe los efectos principales de los genotipos más la



interacción ambiental, que son los dos factores importantes en la selección de variedades (Yan et al., 2000; Yan y Tinker, 2006). Los Biplots GGE utilizan los efectos primarios y secundarios del análisis de regresión de sitio (SReg) y son útiles en el análisis de los mega ambientes, los entornos de prueba y la evaluación de genotipos (Yan et al., 2007). El modelo SReg se basa en un modelo similar al de AMMI, pero los términos lineales de genotipos no son considerados de manera individual. Si no, que se adicionan al término multiplicativo de la interacción Genotipo Ambiente. El SReg es un método útil para la agrupación de ambientes con interacción no opuesta, es decir, ordenamiento sin cambio de genotipos en ambientes que conforman un grupo (Cornelius y Crossa, 1999; Yan et al., 2000). En este método se realiza una estandarización usando el error estándar de la media de cada cultivar dentro de ambientes (Cornelius y Crossa, 1999); además, permite la representación simultánea de la variabilidad de genotipos y ambientes, basada en el análisis de componentes principales (Yan et al., 2000). El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la adaptación de variedades de maíz de grano normal y alta calidad proteica con grano de color amarillo en diferentes ambientes de Panamá. Un segundo objetivo fue el de determinar la interacción de los genotipos con los diferentes ambientes, para identificar variedades superiores, con buena estabilidad de rendimiento y adaptabilidad específica en los ambientes evaluados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localidades y Material Genético

Múltiples ensayos (30) fueron sembrados en distintas localidades distribuidas estratégicamente en el país durante tres ciclos agrícolas (2017, 2018 y 2019; estos mismos ensayos fueron establecidos en parcelas de productores colaboradores de las provincias de Los Santos, Veraguas y Chiriquí, así como en la Estación Experimental El Ejido ubicada en Los Santos, Panamá. Todos los genotipos evaluados en esta investigación fueron proporcionados por el CIMMYT y forman parte del proyecto “*Maize Breeding Network for Latin America*”. Los ensayos en campo fueron financiados por el “Proyecto generación de variedades e híbridos de maíz” del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Diseño, número de repeticiones, tratamientos y localidades de los ensayos de evaluación de variedades en Panamá, 2017-2019.**

Año	Diseño	No Rep	No Trat	Provincia	No loc	Localidades
2017	Alfa Látice 3 x 4	3	12	Los Santos	4	El Ejido A*, El Salaito, Nuevo Ocu, La Colorada
2018	Alfa Látice 2 x 5	3	10	Los Santos	11	El Ejido A*, Guararé, Santo Domingo, La Mina, La Candelaria, Purio, Pedasí, La Laguna, Chupá, Aranda, El Ejido O*
				Veraguas	1	Los Yáñez
				Chiriquí	2	Río Sereno, Monte Lirio
2019	Alfa Látice 2 x 3	3	6	Los Santos	10	El Ejido A*, La Candelaria, El Ejido S*, Chupá, La Mina, La Laguna, Purio, El Nanzal, Aranda, Quindío
				Veraguas	2	Los Yáñez, Guarumal
				Total	30	

\*El Ejido A, S y O se refiere a la siembra en El Ejido en el mes de agosto, septiembre y octubre, respectivamente.

En el año 2017 se sembraron 12 variedades de maíz grano amarillo y en el mismo se incluyeron cinco variedades de grano de alta calidad proteica (QPM) y siete variedades de grano normal. En el 2018 se evaluaron 10 variedades, de los cuales tres genotipos eran QPM y el resto de grano normal. Por otra parte, en el año 2019 se sembraron seis variedades, todas de grano normal. Las variedades evaluadas por año corresponden a los sintéticos formados con las líneas élite del programa de trópicos bajos del CIMMYT hasta el año 2016. Todos los años se sembraron dos testigos (local y regional) de grano normal, el testigo local fue la variedad IDIAP-MV-1102 (S07TLYNHGAB01) y el testigo regional el sintético S07TLYNHGAB02. En los dos primeros años en donde se evaluaron variedades de grano QPM, se usó como testigo regional el sintético S03TLYQHAB03 (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Variedades evaluadas por ciclo agrícola en cada experimento, Panamá 2017-19.**

2017	2018	2019	Tipo de grano
1. S16LTYNHGAB01	1. S16LTYNHGAB01	1. S16LTYNHGAB01	Normal
2. S16LTYNHGAB03	2. S16LTYNHGAB03	2. S16LTYNHGAB03	Normal
3. S10TLYNGSHGAB01	3. S10TLYNGSHGAB01	3. S10TLYNGSHGAB01	Normal
4. S10TLYNGSHGAB02	4. S10TLYNGSHGAB02	4. S10TLYNGSHGAB02	Normal
5. S07TLYNHGAB02 (TR)	5. S07TLYNHGAB02 (TR)	5. S07TLYNHGAB02 (TR)	Normal
6. IDIAP-MV-1102 (TL)	6. IDIAP-MV-1102 (TL)	6. IDIAP-MV-1102 (TL)	Normal
7. S16LTYNHGAB02	7. S16LTYNHGAB02		Normal
8. S16LTYPQHAB01	8. S16LTYPQHAB01		QPM
9. S16LTYPQHAB05	9. S16LTYPQHAB05		QPM
10. S03TLYQHAB03 (TRQ)	10. S03TLYQHAB03 (TRQ)		QPM
11. S16LTYPQHAB04			QPM
12. S16LTYPQHAB03			QPM

TR = Testigo Regional, TL = Testigo Local



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

## Unidad Experimental

Las parcelas experimentales consistieron de dos hileras de 5,2 m de largo. Todos los ensayos en Los Santos fueron sembrados a una distancia de 0,75 m entre hileras y 0,20 m entre posturas de siembra para una densidad inicial de 6,66 plantas por metro cuadrado. En Veraguas y Chiriquí la distancia entre postura fue de 0,50 m, dejando dos plantas por golpe, para una población inicial de 5,33 plantas por metro cuadrado. El manejo agronómico de los ensayos respecto al control de malezas y plagas dependió de su incidencia basándose en las recomendaciones de la guía para el manejo integrado del cultivo de maíz del IDIAP (Gordón, 2009). En los ensayos sembrados en Los Santos se aplicó a la siembra 273 kg·ha<sup>-1</sup> de una fórmula completa (13-26-10-3) en forma de banda a 2,5 cm de profundidad y 3,0 cm de distancia de la hilera de siembra; en las Veraguas y Chiriquí, el abono fue colocado en posturas a 3,0 cm del hoyo de siembra. Se realizaron dos aplicaciones suplementarias de nitrógeno en forma de urea al voleo entre las hileras del maíz, la primera a los 21 días después de siembra (dds) y la segunda a los 37 dds a razón de 159 y 204 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las malezas fueron controladas con la aplicación de herbicidas pre emergentes (atrazina más pendimetalina) y se realizaron deshierbes manuales por escape del control antes de la cosecha. No se realizó en ninguno de los ensayos control de insectos.

## VARIABLES MEDIDAS

Los datos tomados incluyeron caracteres cuantitativos como: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, número de plantas acamadas de tallo, número de mazorcas podridas, número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha, rendimiento de grano, número de mazorcas con mala cobertura y humedad del grano. Se midieron variables cualitativas, como: aspecto de planta y mazorcas (escala 1 a 5), textura de grano (escala 1 a 4), enfermedades al follaje tales como *Bipolaris maydis*, *Exserohilum turcicum*. En donde 1,0 indica ausencia de enfermedad y 5,0 infección muy severa. La evaluación se realizó en la etapa R3 (75-80 dds) del cultivo, antes de la senescencia de las hojas (CIMMYT, 1995). Para el análisis estadístico de las variables porcentaje de plantas acamadas, mazorcas podridas y mazorcas con punta descubiertas, se les transformó utilizando la fórmula de la raíz cuadrada más un medio ( $\sqrt{x + 0.5}$ ). El rendimiento de grano de cada variedad fue normalizado (RN<sub>i</sub>) por medio del proceso de estandarización o normalización N (0,1). La fórmula para el cálculo del rendimiento



normalizado por localidad fue  $(X_i - \mu) / \delta$ , en donde  $X_i$  es el rendimiento de la variedad de interés,  $\mu$  es la media y  $\delta$  es la desviación estándar de cada localidad. Posteriormente, se obtuvo la media de cada variedad a través de localidades.

### Diseño Experimental y Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza por localidad y uno combinado por año. Se realizó un análisis combinado de los tres años con las seis variedades en común. Para el análisis combinado a través de años se consideró un diseño de Bloques Completo al Azar (BCA) con tres repeticiones. El análisis anual de varianzas por localidad se realizó utilizando el método REML (Restricted Maximum Likelihood) propuesto por Vargas et al. (2013). El cálculo de las varianzas de cada una de las fuentes de variación se realizó según los modelos lineales de los diseños Alfa Látice (1) y de BCA (2).

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Block_j(Rep_i) + Gen_k + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Gen_k + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

En donde  $Y_{ijk}$  es el tratamiento de interés;  $\mu$  es la media general;  $Rep_i$  es el efecto de la  $i$ -ésima repetición;  $Block_j(Rep_i)$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque incompleto dentro del  $i$ -ésima repetición;  $Gen_k$  es el efecto  $k$ -ésimo genotipo, y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error residual. En este modelo los genotipos se consideran como efectos fijos y las repeticiones y bloques incompletos como efectos al azar.

En cada análisis por localidad se procedió a calcular la repetitividad ( $h^2$ ) y a las localidades que tuvieron una repetitividad superior a 0,00, se les realizó un análisis de varianza combinado por año usando el modelo Alfa Látice (3) y combinando a través de años con un modelo BCA (4) con los siguientes modelos matemáticos:

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Block_k(Loc_i Rep_j) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl} \quad (3)$$

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl} \quad (4)$$

En donde los nuevos términos  $Loc_i$  y  $Loc_i \times Gen_l$  son los efectos para la  $i$ -ésima localidad y la interacción genotipo por localidad, ambos considerados términos al azar dentro del modelo. En este modelo los genotipos se consideran como efectos fijos y las repeticiones y bloques incompletos como efectos al azar. Para la estructura de las covarianzas se utilizó el modelo de componentes de la varianza (*Variance components*). A



todas las variables se le calculó las medias ajustadas (LS means) y las mismas fueron comparadas utilizando las diferencias mínimas significativas (DMS) al 5% de probabilidad.

### Análisis de Estabilidad

Para el análisis de estabilidad por año y combinado de los tres años, se utilizó el modelo Biplot GGE-SReg, que integra el análisis de varianza y el análisis de componentes principales (Yan et al., 2000). El SReg es basado en la Regresión de sitios Lineal-bilineal (multiplicativo) de (Cornelius et al., 1996). El modelo matemático del SReg (6) es:

$$\bar{y}_{ik} = \mu + \delta_j + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\epsilon}_{ij}. \quad (6)$$

En donde  $\bar{y}_{ik}$  es el Rendimiento promedio de un genotipo  $i$  en un ambiente  $k$ ,  $\mu$  es la media del genotipo  $i$ -ésimo en el  $j$ -ésimo ambiente;  $\delta_j$  es el efecto de las desviaciones de las medias del ambiente,  $\lambda_k$  es el valor singular para el PCA o son constantes de escala (valores singulares) que permiten la imposición de restricciones de orto-normalidad en los vectores singulares para genotipos  $\alpha_{ik}$  y ambientes  $\gamma_{jk}$ ; de modo que  $\sum_i \alpha_{ik}^2 = \sum_j \gamma_{jk}^2 = 1$  y  $\sum_i \alpha_{ik} \alpha_{ik'} = \sum_j \gamma_{jk} \gamma_{jk'} = 0$  para  $k \neq k'$ ;  $\alpha_{ik}$  y  $\gamma_{jk}$  son llamadas “primario”, “secundario”, “terciario”...etc efectos de genotipos y ambientes respectivamente.;  $\bar{\epsilon}_{ij}$  es el Error experimental asumiendo ser normal y con distribución independiente ( $0, \sigma^2/r$ ).

Los datos de rendimiento fueron sometidos a un análisis de conglomerado mediante el método de Ward (Johnson, 2000) para determinar la formación de grupos de localidades en función del potencial del rendimiento o media ambiental. Este método utiliza el análisis de la varianza para evaluar la distancia entre grupos (localidades), minimizando la suma de los cuadrados de las distancias entre los conglomerados que son formados en cada interacción.

### Análisis de Confiabilidad de la Respuesta

El análisis de confiabilidad se aplicó a las cinco variedades (excluyendo al testigo local) que fueron evaluadas los tres años. Para la confiabilidad o respuesta normalizada (RN<sub>i</sub>), del  $i$ -ésimo genotipo se determinó a partir de los diferenciales de rendimiento con respecto al testigo IDIAP-MV-1102. Los valores promedios de las diferencias ( $d_i$ ) y la desviación estándar de las diferencias ( $S_{d_i}$ ) se estimaron en todos los ambientes. A continuación, se determinó el valor estandarizado ( $d_i/S_{d_i}$ ), al cual se le incorpora la



probabilidad normal estandarizada, mediante la tabla de distribución normal tipificada  $N(0, 1)$ , que proporciona los valores de alfa de la cola (probabilidad de encontrar un valor de  $Z$  mayor al indicado). A esta probabilidad se le denomina confiabilidad normalizada con respecto al testigo (R<sub>Ni</sub>) (Córdova et al., 1993, Camargo et al., 2014). Se seleccionó el mejor genotipo y se le calculó la diferencia y probabilidad de su ocurrencia con respecto al testigo local (IDIAP-MV-1102) y al testigo regional (S07TLYNHGAB02). Se utilizó la prueba de Rachas de Wald-Wolfowitz para determinar que las diferencias del mejor sintético contra los testigos en todas las localidades son productos del azar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de los ensayos de 2017

El análisis individual por localidad indicó que todos los análisis presentaron repetitividad entre 0,73 y 0,91, por lo que todas las localidades fueron incluidas en el análisis combinado (Gordón y Camargo, 2015; Camargo et al., 2017). El análisis de varianza combinado presentó diferencias altamente significativas entre ambientes y variedades para la mayoría de las variables estudiadas. La interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa para las variables plantas y mazorcas cosechada, peso de mazorcas y rendimiento de grano. De acuerdo al análisis de varianza del rendimiento, el ambiente capturó el 33% de la suma de cuadrados total del experimento. Por su parte los genotipos capturaron el 36% de la variabilidad total del análisis de varianza.

De todas las variedades evaluadas, seis sobrepasaron la media general de las cuatro localidades, sobresaliendo de manera significativa los sintéticos de grano normal S10TLYNGSHGAB01 y S10TLYNGSHGAB02, y de alta calidad proteica S16LTYQHGAB05 y S16LTYQHGAB01 con medias superiores  $6,50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . La variedad de grano normal superó estadísticamente al testigo IDIAP-MV-1102 en 19% y al testigo QPM en 20%. Por otra parte, las variedades QPM superaron al testigo QPM en 18 y 16%. Siguieron al primer grupo de variedades, el formado por los sintéticos S07TLYNHGAB02, S16LTYQHGAB03 y S16LTYQHGAB04 con rendimientos superiores a  $6,00 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El resto de los sintéticos evaluados tuvieron rendimientos por debajo del promedio de las cuatro localidades (Cuadro 3). En cuanto a la población de plantas al momento de la cosecha, se encontró diferencia estadística significativa entre las variedades evaluadas oscilando los valores entre 6,41 y 5,89 plantas cosechadas. Todos los sintéticos fueron muy similares en



floración femenina, con valores entre 49 y 51 dds. Con relación a la altura de planta, la variedad de menor estatura fue el S16LTYNHGAB01 con 215 cm. Las medidas de la altura de la mazorca variaron entre 108 a 121 cm, siendo el sintético S11TLYNHGAB03 con la posición más baja de la mazorca. Todos los materiales presentaron una alta prolificidad de mazorcas por planta con valores muy cercanos a una mazorca por planta. El sintético S16LTYNHGAB02 presentó la más alta susceptibilidad a la pudrición de mazorcas con porcentajes superiores al 8% en el promedio de todas las localidades. Por otro lado, el resto de los sintéticos presentaron bajos porcentajes de mazorcas podridas (menos del 5%). De acuerdo a Gordón et al. (2017), el cultivar más estable y de mayor rendimiento a través de las localidades fue S10TLYNGSHGAB01 según el análisis Biplot realizado este año, esto por presentar la mayor puntuación en el Eje del Componente Principal 1 (PCA1) y más cercano a cero en el segundo eje (PCA2) (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Medias Ajustadas, Puntuación de los dos primeros ejes de la Interacción Genotipo Ambiente y Cuadrados Medios de las variables analizadas. Combinado cuatro localidades, Panamá, 2017.**

Variedades	Rend (tha <sup>-1</sup> )	Flor (días)	AlPt (cm)	Almz (cm)	Ptm <sup>-2</sup>	Mzm <sup>-2</sup>	MzPt <sup>-1</sup>	PMz (g)	TPod (%)	TAcA (%)	Enf (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	TCob (%)	PCA1	PCA2
1. S10TLYNGSHGAB01	6,88	51	230	121	6,41	6,14	0,96	112	3,5	32	2,6	2,9	2,7	6,2	0,86	-0,10
2. S16LTYQHAB05	6,79	49	228	116	6,20	6,13	0,99	112	3,9	26	3,0	2,9	2,8	2,6	0,66	0,46
3. S16LTYQHAB01	6,67	50	224	114	6,26	6,10	0,97	110	3,8	21	3,2	3,0	2,9	1,2	0,56	0,39
4. S10TLYNGSHGAB02	6,58	50	233	116	6,25	5,97	0,96	110	4,6	28	2,7	2,9	2,9	7,5	0,53	-0,27
5. S07TLYNHGAB02 (TR)	6,41	51	233	119	6,12	6,01	0,98	107	3,3	29	2,7	3,0	3,0	5,4	0,33	-0,42
6. S16LTYQHAB03	6,26	51	227	118	6,27	5,97	0,95	106	4,2	31	2,5	2,9	2,8	7,9	0,15	-0,13
7. S16LTYQHAB04	6,06	50	229	112	6,31	6,05	0,96	101	4,4	27	2,6	3,0	3,0	3,7	-0,03	0,12
8. IDIAP-MV-1102 (TL)	5,80	51	225	115	5,89	5,69	0,97	102	4,4	33	2,6	2,9	2,9	4,1	-0,68	0,08
9. S03TLYQHAB03 (TRQ)	5,74	49	230	112	6,04	6,00	1,00	96	4,3	31	3,0	3,0	3,1	6,2	-0,47	0,55
10. S11TLYNHGAB03	5,49	51	218	108	6,06	5,79	0,96	95	4,5	33	2,9	2,9	3,0	9,8	-0,70	0,15
11. S16LTYNHGAB01	5,45	49	215	110	5,87	5,67	0,96	97	6,9	36	2,4	2,9	3,3	13,7	-0,68	0,08
12. S16LTYNHGAB02	5,21	50	217	110	5,80	5,62	0,98	94	8,5	34	2,6	3,0	3,2	15,1	-0,88	-0,06
<b>Promedio</b>	6,11	50	226	114	6,12	5,93	0,97	104	4,7	30	2,7	2,9	3,0	6,9		
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	0,50	1	8	4	0,42	0,43	0,05	6	2,6	12	0,3	0,2	0,2	4,0		
<b>S<sup>2</sup> Genotipos</b>	0,290	0,56	28	13	0,01	0,01	0,000	42	0,000	0,000	0,04	0,00	0,02	16		
<b>S<sup>2</sup> Ambientes</b>	0,351	1,00	90	50	0,24	0,23	0,000	155	0,000	0,002	0,08	0,01	0,08	0		
<b>S<sup>2</sup> Amb x Gen</b>	0,063	0,09	10	3	0,03	0,05	0,000	7	0,000	0,001	0,01	0,00	0,00	0		
<b>S<sup>2</sup> Error</b>	0,201	0,86	61	23	0,17	0,13	0,003	31	0,000	0,003	0,10	0,05	0,05	24		
<b>h<sup>2</sup></b>	0,90	0,86	0,79	0,84	0,34	0,28	0,00	0,91	0,59	0,00	0,79	0,00	0,83	0,89		
<b>DMS/Rango</b>	0,30	0,37	0,41	0,34	0,69	0,82	1,05	0,31	0,50	0,77	0,38	1,04	0,29	0,49		

Rend =Rendimiento de grano, Flor =Floración femenina, AlPt =Altura de planta, Almz =Altura de mazorca, Ptm<sup>-2</sup> =Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>-2</sup> =Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup> =Mazorcas por planta, PMz =Peso de mazorcas, TPod =% mazorcas podridas transformada, TAcA =% plantas acamadas transformada, Enf =Bipolaris, Aspt =Aspecto de planta, Asmz =Aspecto de mazorcas, TCob = % de mala cobertura transformada, \* los valores de la media ajustada son de la variable sin transformar.

### **Análisis de los ensayos de 2018**

Durante el año 2018, todos los ensayos realizados presentaron repetitividades que oscilaron entre 0,51 a 0,99 por lo que fueron incluidos en el análisis combinado de este año (Gordón y Camargo 2015; Camargo et al., 2017). Este análisis presentó diferencias significativas para las principales variables de respuesta entre localidades, genotipos y la



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

interacción genotipo ambiente. El ambiente capturó el 76%, mientras que el genotipo capturó el 8% y la interacción el 5% del total de la variación experimental. Este resultado sugiere que la gran diferencia se debió a las localidades con poca interacción entre los genotipos a través de las localidades. Los estadísticos de repetitividad (0,97) así como el cociente DMS/Rango (0,16) indican buena precisión experimental del análisis combinado.

En este ciclo sobresalió de nuevo el sintético S10TLYNGSHGAB01 con una media de  $6,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  superando significativamente al testigo nacional en  $0,81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (15%). A esta variedad le siguieron los sintéticos S16LTYNHGAB03, S16LTYNHGAB01 y S10TLYNGSHGAB02 con rendimientos superiores a  $5,60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . No se presentó diferencia significativa entre los tres genotipos de alta calidad proteica, sin embargo, los mismos tuvieron rendimientos inferiores al testigo de grano normal. Con relación a la altura de planta, la media general fue de 221 cm, en donde las variedades normales son de mayor altura que las variedades QPM. En la floración femenina no se observó diferencia entre todas las variedades con una media general de 53 días. El mayor tamaño de mazorcas se observó en S10TLYNGSHGAB01 con un peso de 108 g, siendo ésta la única que superó los 100 g. Todas las variedades presentaron baja incidencia de enfermedades foliares, buena cobertura de la mazorca y poca presencia de granos afectados por hongos (Cuadro 4). Al igual que en el año 2017, el sintético más estable fue el S10TLYNGSHGAB01; como lo indican los valores de los dos primeros ejes de los componentes principales de la interacción genotipo ambientes calculados en el análisis de estabilidad. Se puede apreciar que este cultivar presenta el mayor valor del PCA1 y el más cercano a cero en el PCA2, convirtiéndolo en el de mayor rendimiento y mayor estabilidad (Cuadro 4).

### **Análisis de los ensayos de 2019**

De las doce localidades donde se sembró el ensayo, dos localidades (La Laguna y Purio) presentaron repetitividades con valor de cero, en el resto de las localidades este valor osciló entre 0,28 y 0,83. En estas dos localidades el CV fue de 7,0 y 9,3 mientras que la varianza entre tratamientos fue de 0,00. Esto indica que el valor de la repetitividad no se debió a un valor del error experimental alto, si no, que las seis variedades evaluadas no difieren significativamente entre sí. El análisis combinado fue realizado con las 10 localidades restantes, presentando una repetitividad de 0,88 y un DMS/Rango de 0,34. En



este análisis, las localidades capturaron el 46% de la variabilidad total, mientras que el genotipo y su interacción con el ambiente representan el 12 y 14% de la varianza total.

En este ciclo agrícola, el S10LYNGSHGAB01 por tercer año presentó el rendimiento más alto, con una media de 6,29 t·ha<sup>-1</sup> y un peso de 104 g por mazorca, superando al testigo local en 16%. Todos los demás sintéticos tuvieron rendimientos estadísticamente similares al testigo IDIAP-MV-1102 que presentó un rendimiento de 5,43 t·ha<sup>-1</sup>. De todas las variedades evaluadas, dos superaron la media general del ensayo. Todas las variedades presentaron una floración femenina alrededor de 54 días después de la siembra. El porcentaje de mazorcas podridas (<10%) así como la calificación de enfermedades foliares fue baja. El porcentaje de plantas acamadas de los sintéticos experimentales fue menor al testigo local. La cobertura de mazorcas mal descubiertas fue bajo y todos los genotipos presentan una textura cristalina del grano (Cuadro 5).

**Cuadro 4. Cuadrados Medios y Medias Ajustadas de las variables agronómicas medidas en las 10 variedades evaluadas en el ensayo regional. Combinado 14 localidades, Panamá, 2018.**

Variedades	Rend (t·ha <sup>-1</sup> )	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz (cm)	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MzPt <sup>1</sup>	PMz (g)	TPod (%)	TAcá (%)	Enf (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	TCob (%)	PCA1	PCA2
1. S10LYNGSHGAB01	6,28	53	226	114	6,22	5,89	0,95	108	3,5	42	1,8	2,9	3,0	4,1	1,73	0,06
2. S16LYNHGAB03	5,84	53	227	113	6,29	5,84	0,93	99	3,1	45	1,9	2,9	3,0	3,5	0,57	0,65
3. S16LYNHGAB01	5,74	54	226	114	6,32	6,03	0,96	94	4,1	46	1,8	2,9	3,0	2,8	0,39	0,39
4. S10LYNGSHGAB02	5,67	52	221	110	6,25	5,81	0,92	97	4,1	38	1,9	2,9	2,9	3,9	0,78	-1,10
5. S16LYNHGAB02	5,55	53	227	113	6,19	5,87	0,95	94	3,1	41	1,8	3,0	3,1	3,9	0,36	-0,26
6. IDIAP-MV-1102 (TL)	5,47	53	223	113	6,17	5,63	0,91	95	3,5	49	1,7	2,9	3,0	1,8	0,11	-0,04
7. S07LYNHGAB02 (TR)	5,42	53	218	109	6,14	5,77	0,94	93	4,4	43	2,1	2,9	3,2	2,7	-0,16	0,72
8. S03TLYQHAB03 (TRQ)	4,78	52	216	106	6,09	5,77	0,95	83	4,7	45	2,2	3,0	3,6	8,9	-1,11	-0,07
9. S16LYQHAB05	4,74	53	216	107	6,07	5,66	0,93	82	6,2	52	2,3	3,0	3,5	2,7	-1,18	0,11
10. S16LYQHAB01	4,61	53	214	106	6,20	5,62	0,90	81	5,6	47	2,4	3,0	3,5	3,5	-1,12	-0,46
<b>Promedio</b>	5,41	53	221	110	6,19	5,79	0,93	93	4,2	45	2,0	2,9	3,2	3,8		
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	0,28	0	4	3	0,18	0,22	0,04	6	2,1	5	0,2	0,2	0,3	1,7		
<b>S<sup>2</sup> Genotipos</b>	0,28	0,26	26	9	0,00	0,01	0,00	68	0,0000	0,000	0,05	0,00	0,05	0,00		
<b>S<sup>2</sup> Ambientes</b>	2,38	0,13	468	136	0,30	0,60	0,01	651	0,0030	0,017	0,18	0,23	0,33	0,00		
<b>S<sup>2</sup> Amb x Gen</b>	0,04	0,11	0	2	0,00	0,00	0,00	20	0,0000	0,000	0,06	0,02	0,06	0,00		
<b>S<sup>2</sup> Error</b>	0,30	0,47	68	36	0,19	0,26	0,01	108	0,0010	0,003	0,09	0,07	0,17	0,00		
<b>h<sup>2</sup></b>	0,97	0,92	0,94	0,90	0,24	0,57	0,34	0,95	0,46	0,73	0,89	0,00	0,84	0,90		
<b>DMS/Rango</b>	0,16	0,23	0,26	0,34	0,76	0,52	0,64	0,20	0,63	0,38	0,32	0,96	0,44	0,24		

Rend =Rendimiento, Flor =Floración, Alpt =Altura de planta, Almz =Altura de mazorca, Ptm<sup>2</sup> =Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>2</sup> =Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>1</sup> =Mazorcas por planta, PMz =Peso de mazorcas, TPod =% mazorcas podridas trasformada, TAcá =% plantas acamadas trasformada, Enf =Bipolaris, Aspt =Aspecto de planta, Asmz =Aspecto de mazorcas, TCob = % de mala cobertura trasformada, \* los valores de la media ajustada son de la variable sin transformar.



**Cuadro 5. Cuadrados Medios y Medias Ajustadas de las variables agronómicas medidas en las seis variedades evaluadas en el ensayo regional. Combinado 10 localidades, Panamá, 2019.**

Variedades	Rend (t·ha <sup>-1</sup> )	RN <sub>i</sub>	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz (cm)	Ptm <sup>-2</sup>	Mzm <sup>-2</sup>	MzPt <sup>-1</sup>	PMz (g)	*TPod (%)	*TAc (%)	Enf (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	*TCob (%)	Tex (1-4)
1. S10TLYNGSHGAB01	6,29	0,99	53	232	124	6,57	6,08	0,93	104	7,5	24	1,7	2,8	2,5	4,9	1,0
2. S16LTYNHGAB03	5,69	0,05	54	235	125	6,65	5,81	0,87	98	9,4	24	1,9	2,9	2,8	4,2	1,2
3. S10TLYNGSHGAB02	5,56	-0,20	53	228	122	6,51	5,76	0,89	97	9,2	28	1,9	2,8	2,8	4,9	1,2
4. S16LTYNHGAB01	5,49	-0,18	54	237	127	6,67	5,73	0,86	96	8,9	24	1,8	3,0	2,8	3,2	1,0
5. IDIAP-MV-1102 (TL)	5,43	-0,23	54	229	122	6,22	5,56	0,90	99	7,8	35	1,8	3,0	2,8	2,4	1,0
6. S07LTYNHGAB02 (TR)	5,31	-0,43	53	226	120	6,41	5,65	0,88	94	9,0	26	1,9	2,8	2,9	3,0	1,1
<b>Promedio</b>	5,63	0,00	54	231	123	6,50	5,77	0,89	98	8,6	27	1,8	2,9	2,8	3,8	1,1
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	0,33	0,40	0,4	4,8	3,6	0,21	0,32	0,04	3,9	2,31	5	0,12	0,15	0,15	1,74	0,16
<b>S<sup>2</sup> Genotipos</b>	0,11	0,24	0,49	15,9	4,7	0,02	0,018	0,000	9,5	0,000	0,000	0,002	0,009	0,011	0,000	0,003
<b>S<sup>2</sup> Ambientes</b>	0,46	0,00	2,81	404,2	153,2	0,04	0,034	0,001	172,7	0,009	0,010	0,127	0,337	0,077	0,000	0,234
<b>S<sup>2</sup> Amb x Gen</b>	0,04	0,00	0,01	0,0	0,0	0,03	0,062	0,001	5,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,007
<b>S<sup>2</sup> Error</b>	0,37	0,75	0,86	108,4	59,1	0,12	0,294	0,005	55,4	0,001	0,003	0,071	0,107	0,100	0,001	0,101
<b>h<sup>2</sup></b>	0,89	0,92	0,95	0,84	0,74	0,80	0,57	0,54	0,83	0,00	0,80	0,50	0,76	0,80	0,65	0,50
<b>DMS/Rango</b>	0,33	0,28	0,23	0,42	0,50	0,46	0,62	0,63	0,39	1,09	0,48	0,69	0,53	0,43	0,71	0,84

Rend =Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> =Rendimiento Normalizado, Flor =Floración femenina, AlPt =Altura de planta, Almz =Altura de mazorca, Ptm<sup>-2</sup> =Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>-2</sup> =Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup> =Mazorcas por planta, PMz =Peso de mazorcas, TPod =% mazorcas podridas trasformada, TAc =% plantas acamadas trasformada, Enf =Bipolaris, Aspt =Aspecto de planta, Asmz =Aspecto de mazorcas, TCob = % de mala cobertura trasformada, Tex = Textura del grano, \* los valores de la media ajustada son de la variable sin transformar.

## Análisis Combinado 2017-2019

### Análisis estadístico

Para el análisis combinado del 2017 a 2019 se tomaron las seis variedades evaluadas los tres años. De acuerdo al análisis estadístico individual para la variable rendimiento de grano de las treinta localidades, siete tuvieron una repetitividad de 0,0 y en 23 este valor fue superior a 0,20; por lo cual, estas últimas fueron incluidas en el análisis combinado (Gordón y Camargo, 2015 y Camargo et al., 2017). Es importante señalar que el aumento de las localidades con repetitividad cero, se debió a que la varianza entre genotipos fue nula. En la mayoría de las localidades del 2017 y 2018 al eliminar variedades, dejando solo para el análisis las seis que se mantuvieron por su buen rendimiento a través de los años; se observó que las varianzas entre tratamientos fueron menores o igual a cero, al compararla con el análisis del juego completo de variedades por año (Cuadro 6).

El análisis de varianzas señala una diferencia altamente significativa entre ambientes y variedades para todas las variables estudiadas (Cuadro 7). La interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa para la mayoría de las variables analizadas. De acuerdo al análisis de varianza del rendimiento, el ambiente capturó el 73% de la suma de cuadrados total del experimento. Por su parte los genotipos capturaron el 5% de la variabilidad total del análisis de varianza. Este resultado muestra que la mayor variabilidad del ensayo se debe a la gran diferencia entre los ambientes evaluados y que



existe poca diferencia entre los seis genotipos evaluados. De acuerdo a este análisis, la repetitividad del combinado para el rendimiento de grano fue de 0,93 y un DMS/Rango de 0,27. El resto de las variables presentaron valores de repetitividad superiores a 0,20. Estos valores sugieren una buena precisión experimental de este ensayo (Cuadro 7).

**Cuadro 6. Valor del Cuadrado medio de genotipos y repetitividad del análisis por localidad con el número total de genotipos y con los seis genotipos seleccionados para el combinado. Panamá, 2017-2019.**

2017	S <sup>2</sup> Trat		h <sup>2</sup>		2018	S <sup>2</sup> Trat		h <sup>2</sup>		2019	S <sup>2</sup> Trat		h <sup>2</sup>	
	12 G	6 G	12 G	6 G		12 G	6 G	10 G	6 G		6G	6G		
El Ejido A	0,22	0,25	0,73	0,69	El Ejido A*	0,08	<b>0,00</b>	0,51	<b>0,00</b>	El Ejido A	0,19	0,65		
El Salaito	0,53	0,82	0,81	0,90	Guararé*	0,36	<b>0,00</b>	0,74	<b>0,00</b>	Candelaria	0,18	0,80		
Nuevo Ocu	0,54	0,61	0,90	0,90	S. Domingo*	0,20	<b>0,00</b>	0,85	<b>0,00</b>	El Ejido S	0,06	0,28		
La Colorada	0,16	0,07	0,91	0,91	La Mina*	0,28	<b>0,00</b>	0,80	<b>0,00</b>	Chupá	0,17	0,69		
					Candelaria	0,20	0,03	0,67	0,32	La Mina	0,07	0,47		
					Purio	0,40	0,10	0,74	0,40	La Laguna*	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
					La Laguna	0,20	0,08	0,77	0,68	Purio*	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>		
					Chupá	0,23	0,16	0,81	0,80	El Nanzal	0,08	0,70		
					Aranda	0,20	0,14	0,77	0,73	Aranda	0,14	0,83		
					Quindío	0,13	0,08	0,65	0,51	Quindío	0,76	0,64		
					Los Yáñez*	0,12	<b>0,00</b>	0,60	<b>0,00</b>	Los Yáñez	0,06	0,35		
					Río Sereno	1,36	0,85	0,98	0,85	Guarumal	0,21	0,63		
					Monte Lirio	0,79	0,28	0,94	0,42					
					El Ejido O	0,03	0,06	0,88	0,94					

\* Localidades excluidas del análisis combinado de los tres años.

**Cuadro 7. Cuadrados Medios y estadísticos calculados del análisis de varianza combinado. Panamá, 2017-2019.**

	Rend	RNi	Flor	Alpt	Almz	Ptm <sup>-2</sup>	Mzm <sup>-2</sup>	MzPt <sup>-1</sup>	PMz	TPod	TAcA	Enf	Aspt	Asmz	TCob	Tex
<b>S<sup>2</sup> Genotipos</b>	0,13	0,23	0,18	2,0	1,6	0,02	0,02	0,000	20,8	0,000	0,000	0,01	0,002	0,01	0,000	0,006
<b>S<sup>2</sup> Ambientes</b>	1,53	0,00	3,02	301,4	79,3	0,16	0,29	0,005	510,8	0,015	0,009	0,21	0,198	0,26	0,000	0,165
<b>S<sup>2</sup> Amb x Gen</b>	0,11	0,13	0,20	22,6	17,3	0,03	0,05	0,001	16,0	0,000	0,000	0,02	0,000	0,003	0,000	0,023
<b>S<sup>2</sup> Error</b>	0,33	0,54	0,83	120,2	82,7	0,14	0,27	0,005	82,5	0,001	0,003	0,09	0,107	0,11	0,001	0,122
<b>h<sup>2</sup></b>	0,93	0,94	0,89	0,42	0,44	0,80	0,73	0,30	0,92	0,22	0,71	0,73	0,59	0,82	0,70	0,67
<b>DMS/R</b>	0,27	0,24	0,36	0,83	0,73	0,49	0,47	0,89	0,30	0,90	0,53	0,73	0,68	0,41	0,62	0,66
<b>CV</b>	30,5	-	3,3	0,8	1,5	27,4	30,0	188,8	1,8	226,1	193,9	88,9	59,5	58,2	235,7	146,7
<b>No locs</b>	23	23	21	23	23	23	23	23	23	22	21	23	21	21	21	20

Rend =Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> =Rendimiento Normalizado, Flor =Floración femenina, AlPt =Altura de planta, Almz =Altura de mazorca, Ptm<sup>-2</sup> =Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>-2</sup> =Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup> =Mazorcas por planta, PMz =Peso de mazorcas, TPod =% mazorcas podridas transformada, TAcA =% plantas acamadas transformada, Enf =Bipolaris, Aspt =Aspecto de planta, Asmz =Aspecto de mazorcas, TCob = % de mala cobertura transformada, Tex = Textura del grano.

### Efecto de Ambientes

Dentro del grupo de localidades incluidas en el análisis combinado sobresale el ensayo de El Ejido O, esta localidad presenta buenos estadísticos de precisión experimental con una repetitividad de 0,94 y coeficiente de variación de 14,5%, pero una media ambiental de 0,87 t·ha<sup>-1</sup>. El bajo potencial de rendimiento en esta localidad se debió a las condiciones altamente estresantes por deficiencias hídricas después de la floración en las siembras que se realizan en esta localidad fuera de la fecha de recomendación para



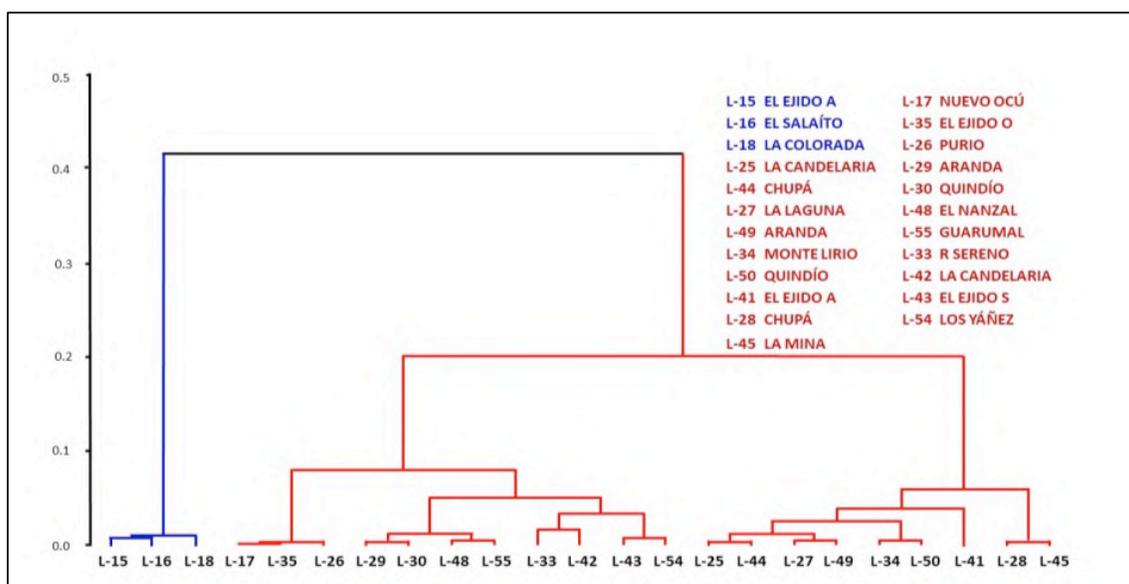
el área donde está ubicada la misma. El objetivo de esta localidad fue ver si alguno de los genotipos evaluados sobresale sobre el resto o si el comportamiento de todos los cultivares es similar entre ellos en comparación de las localidades con mejor potencial de rendimiento o son sembradas dentro de las fechas recomendadas. Se encontró que el excluirla del análisis combinado no afectó el resultado de ninguno de los análisis, ni tampoco los estadísticos de precisión. Lo que se encontró es que la media general de rendimiento de todas las variedades se disminuyó en aproximadamente  $0,22 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Al dar estos resultados se procedió a incluirla en el análisis combinado así como en el Dendograma, los análisis de estabilidad y confiabilidad de la respuesta.

De acuerdo al análisis de Conglomerados de Ward, en el Dendograma se identificaron dos grupos ambientales o dominios de recomendación con una altura de corte de 0,202 (Figura 1). El primer grupo estuvo formado por los ensayos sembrados en el año 2017 en las localidades de El Ejido A, El Salaíto y La Colorada (Grupo Ambiental A). En un trabajo realizado por Gordón et al. (2019) en evaluación de híbridos de maíz, reportó que las dos últimas localidades también conformaron un grupo ambiental; lo que indica la similitud de las mismas al momento de discriminar los cultivares de maíz. En el segundo grupo se ubicaron el resto de las localidades sembradas los tres años (Grupo Ambiental B). En este análisis las localidades se agrupan en varios grupos generales; de modo similar a los grupos identificados del análisis Biplot-GGE-SReg.

La media del rendimiento en las localidades del Grupo A ( $6,10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) fue superior al promedio de las localidades del Grupo B ( $5,63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Esta diferencia puede ser por la cantidad de localidades que conformaron cada grupo, el cual fue mucho más numeroso en el Grupo B. Con relación al rendimiento de grano, tomando en cuenta ambos grupos, el mayor promedio lo obtuvo la localidad Monte Lirio ( $7,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), mientras que el menor promedio fue en El Ejido O con  $0,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , ambas del Grupo B. El rendimiento promedio a través de las 23 localidades fue de  $5,69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . En todas las localidades se presentó la floración femenina alrededor de los 53 días después de siembra. En cuanto al porcentaje de plantas acamadas de tallo, el mismo fue alto en la mayoría de las localidades (mayor al 20% de plantas acamadas) con excepción de Yáñez, El Ejido S y El Ejido O. Los mayores porcentajes de mazorcas podridas fueron reportados en Yáñez y Guarumal; ambas



localidades ubicadas en Veraguas con porcentajes por arriba del 20,0%; en el resto de las localidades esta variable es baja con menos del 5,0% de mazorcas podridas (Cuadro 8).



**Figura 1. Análisis de conglomerados de las 23 localidades del ensayo de seis variedades de maíz, Panamá 2017-2019.**

Los ensayos con menor número de plantas a la cosecha se dieron en Monte Lirio, Nuevo Ocú, Río Sereno y El Salaíto con poblaciones menores a 6,00 plantas por metro cuadrado al momento de la cosecha. Las plantas con mayor altura promedio se registraron en Guarumal (280 cm) mientras que las más bajas (196 cm) se presentaron en El Ejido O. El porcentaje general de mazorcas con mala cobertura fue bueno presentándose menos del 9% de mazorcas descubiertas (Cuadro 8). Las enfermedades foliares se presentaron con baja incidencia, siendo El Salaíto con la media de evaluación (3,2) más alta de todas las localidades (Cuadro 8). En todas las localidades se obtuvo más de 0,85 mazorcas por planta, excepto en El Ejido (2019) con 0,68 mazorcas por planta. La variable que explica el bajo rendimiento en El Ejido O es el número de mazorcas cosechas el cual fue afectado por la deficiencia hídrica a la que fue sometida esta localidad a partir de la etapa Vt hasta la formación de la capa negra.



**Cuadro 8. Medias Ajustadas del rendimiento de grano y otras variables tomadas del Ensayo de variedades, según localidades y grupo de acuerdo al análisis de Ward. Panamá, 2017-2019.**

Localidad	Año	Rend	Flor	Alpt	Almz	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MzPt <sup>-1</sup>	Pmz	Pod	Aca	Enf	Aspt	Asmz	Cob
El Ejido A	2017	6,80	51	238	126	6,50	6,31	0,97	108	4,7	30	2,3	3,1	3,3	8,3
El Salaito	2017	6,19	52	219	111	5,84	5,60	0,96	110	4,2	40	3,2	2,9	2,7	7,0
La Colorada	2017	5,30	49	231	113	6,53	6,18	0,94	86	6,6	36	2,6	2,9	3,1	6,9
<b>Promedio A</b>		<b>6,10</b>	<b>51</b>	<b>229</b>	<b>117</b>	<b>6,29</b>	<b>6,03</b>	<b>0,96</b>	<b>101</b>	<b>5,2</b>	<b>35</b>	<b>2,7</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>7,4</b>
Monte Lirio	2018	7,38	---	210	115	4,96	4,96	1,01	149	1,5	---	2,7	---	---	---
Purio	2018	6,64	52	226	107	6,22	6,11	0,99	109	0,2	33	1,7	2,8	3,0	2,6
Aranda	2018	6,63	52	197	102	6,70	6,69	1,00	99	0,9	26	1,6	3,0	2,8	2,6
La Candelaria	2018	6,31	53	221	119	6,59	6,33	0,96	100	3,6	61	2,1	2,9	3,1	7,6
Chupá	2018	6,30	53	226	115	6,50	6,30	0,97	100	2,1	31	1,7	3,2	2,9	0,8
Quindío	2019	6,26	54	246	122	6,46	5,49	0,85	113	4,5	23	1,8	3,2	2,9	6,0
Nuevo Océ	2017	6,10	51	216	110	5,58	5,46	0,98	112	2,8	20	2,4	2,9	2,7	8,9
El Ejido A	2019	6,05	53	206	103	6,14	5,59	0,91	109	2,9	23	1,7	3,1	3,1	3,7
La Mina	2019	5,95	53	222	130	6,77	6,18	0,91	96	0,7	22	2,0	3,1	2,6	3,0
Aranda	2019	5,92	52	227	118	6,49	5,86	0,90	101	0,9	19	1,9	3,1	2,8	2,3
La Laguna	2018	5,87	53	241	116	6,52	6,37	0,98	92	0,8	60	2,1	3,0	3,2	2,2
El Nanzal	2019	5,85	52	244	129	6,50	5,72	0,88	103	0,8	76	1,8	3,1	2,8	4,9
La Candelaria	2019	5,85	53	211	123	6,67	5,80	0,87	101	1,8	18	1,9	3,1	2,9	2,7
Quindío	2018	5,81	54	214	102	6,49	6,06	0,93	95	1,0	51	1,7	2,8	3,0	1,4
El Ejido S	2019	5,43	54	220	112	6,40	5,68	0,89	96	2,5	11	1,5	2,9	2,9	3,2
Río Sereno	2018	5,43	---	217	112	5,78	4,64	0,81	122	---	---	1,7	---	---	---
Guarumal	2019	4,95	56	280	123	6,06	5,61	0,93	89	28,9	36	2,3	2,1	1,9	2,9
Los Yáñez	2019	4,01	58	220	124	6,50	6,26	0,96	64	53,2	2	1,0	1,3	2,9	4,7
Chupá	2019	4,88	53	218	112	6,72	5,45	0,81	90	4,3	27	1,7	3,2	2,9	5,0
El Ejido O	2018	0,87	53	196	90	6,21	4,23	0,68	20	---	10	1,5	3,5	4,9	0,1
<b>Promedio B</b>		<b>5,63</b>	<b>53</b>	<b>223</b>	<b>114</b>	<b>6,31</b>	<b>5,74</b>	<b>0,91</b>	<b>98</b>	<b>6,6</b>	<b>30</b>	<b>1,9</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>

Rend =Rendimiento (t·ha<sup>-1</sup>), Flor =Floración, AlPt =Altura de planta, Almz =Altura de mazorca, Ptm<sup>2</sup> =Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>2</sup> =Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup> =Mazorcas por planta, PMz =Peso de mazorcas, Pod =% mazorcas podridas, Aca =% plantas acamadas, Enf =Bipolaris, Aspt =Aspecto de planta, Asmz =Aspecto de mazorcas, Cob = % de mala cobertura transformada.

## Efecto de Genotipos

El rendimiento de grano promedio del combinado de las 23 localidades, así como el rendimiento de las seis variedades en los dos grupos ambientales definidos se presentan en el Cuadro 9. El testigo nacional IDIAP-MV-1102 presentó un rendimiento promedio de 5,45 t·ha<sup>-1</sup>. De todas las variedades evaluadas, dos sobrepasaron la media general en el combinado de 23 localidades, sobresaliendo de manera significativa las variedades S10TLYNGSHAB01 y S10TLYNGSHGAB03 con medias de 6,39 y 5,74 t·ha<sup>-1</sup>. Estas mismas superaron estadísticamente al testigo en 17 y 5%, respectivamente. Siguieron a éste primer grupo, el formado por S16LTYNHGAB03 y S16LTYNHGAB01 con rendimientos similares al testigo. La variedad S10TLYNGSHGAB01 presentó el rendimiento más alto en las localidades del Grupo B con 6,35 t·ha<sup>-1</sup> (19% sobre el testigo) y no difirió estadísticamente del SL10TLYNGSHGAB03 en el Grupo A.



**Cuadro 9. Medias ajustadas del rendimiento de grano, de las variedades evaluadas y su comportamiento versus el testigo de mayor área sembrada en el país, Panamá 2017-2019.**

	Rendimiento de grano (t·ha <sup>-1</sup> )			% sobre el testigo IDIAP-MV-1102		
	23 Loc	GA	GB	23 Loc	GA	GB
1 S10TLYNGSHGAB01	6,39	6,65	6,35	17	10	19
2 S10TLYNGSHGAB02	5,74	6,67	5,60	5	11	5
3 S16LTYNHGAB03	5,63	5,36	5,67	3	-11	6
4 S16LTYNHGAB01	5,50	5,42	5,52	1	-10	3
5 IDIAP-MV-1102 (TL)	5,45	6,03	5,36	0	0	0
6 S07TLYNHGAB02 (TR)	5,41	6,47	5,25	-1	7	-2
<b>Promedio</b>	<b>5,69</b>	<b>6,10</b>	<b>5,63</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>6</b>

Con relación a la población de plantas al momento de la cosecha, los valores oscilaron entre 6,08 y 6,39 plantas cosechadas por metro cuadrado, siendo el IDIAP-MV-1102 el sintético con el menor número de plantas al momento de la cosecha. Todas las variedades, presentaron valores similares en porcentaje de mazorcas podridas con porcentaje inferiores a 7,0% en el promedio de todas las localidades. Todos los materiales presentaron una alta prolificidad de mazorcas por planta con valores muy cercanos a una mazorca por planta. Las variedades fueron muy similares en floración femenina, con valores entre 52 y 53 dds. Respecto a la altura de planta, el sintético de menor estatura fue el S07TLYNHGAB02 seguido por el IDIAP-MV-11022 con 220 y 222 cm, respectivamente. Las medidas de altura de la mazorca variaron entre 112 a 117 cm, siendo estos mismos sintéticos los que presentaron la posición más baja, mientras que el más alto fue el S16LTYNHGAB01 (Cuadro 10).

En cuanto a las principales enfermedades foliares en cada localidad se calificaron diversas enfermedades, por lo que la media general indica más bien la sanidad foliar de los cultivares. El porcentaje promedio de acame de tallo fue de 31%, siendo el S10TLHNGSHGAB2 el de menor porcentaje de acame con 28%. Por otro lado, IDIAP-MV-1102 fue el de mayor porcentaje con 36% de plantas acamadas. Todos los sintéticos presentaron un bajo porcentaje de punta de la mazorca descubierta, sin embargo, el IDIAP-MV-1102 fue el que más bajo valor promedio presentó con 2,5%. Las variedades tuvieron una altura de mazorca y altura de planta similar con medias de 115 y 224 cm, respectivamente. La variedad S10TLYNGSHGAB01 presentó un Rendimiento Normalizado de 0,98, representando la única superior a la media. La gran mayoría de los sintéticos presentaron una puntuación cercana a 1,0 con respecto a la textura, lo que indica



que pueden ser considerados como Cristalinos, coincidiendo con la textura preferida en el mercado de maíz de Panamá.

**Cuadro 10. Medias Ajustadas del rendimiento de grano y otras características agronómicas del Combinado a través de los años de seis variedades de maíz. Panamá, 2017-2019.**

	Rend t·ha <sup>-1</sup>	RN <sub>i</sub>	Flor días	Alpt cm	Almz cm	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MzPt <sup>-1</sup>	Pmz g	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Aspt 1-5	Asmz 1-5	Cob %	Tex 1-4
<b>S10TLYNGSHGAB01</b>	6,39	0,98	53	226	116	6,39	6,02	0,94	108	6,6	30	1,9	2,8	2,8	4,7	1,1
<b>S10TLYNGSHGAB02</b>	5,74	-0,01	52	224	114	6,37	5,80	0,91	99	6,5	28	2,0	2,9	3,0	4,7	1,3
<b>S16LTYNHGAB03</b>	5,63	-0,12	53	225	114	6,39	5,79	0,91	97	5,1	31	2,0	2,9	3,0	4,9	1,2
<b>S16LTYNHGAB01</b>	5,50	-0,22	53	226	117	6,41	5,79	0,91	95	6,5	32	1,9	3,0	3,0	4,7	1,3
<b>IDIAP-MV-1102 (TL)</b>	5,45	-0,27	53	222	114	6,08	5,56	0,92	98	6,3	36	1,9	3,0	3,0	2,5	1,0
<b>S07TLYNHGAB02 (TR)</b>	5,41	-0,36	53	220	112	6,22	5,70	0,92	95	5,6	30	2,0	2,9	3,1	3,3	1,2
<b>Promedio</b>	5,69	0,00	53	224	115	6,31	5,78	0,92	98	6,1	31	1,9	2,9	3,0	4,1	1,2
<b>DMS 5%</b>	0,27	0,32	0,1	5	4	0,17	0,22	0,03	4	3,8	4	0,1	0,1	0,1	1,5	0,2

Rend =Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> =Rendimiento Normalizado, Flor =Floración femenina, AlPt =Altura de planta, Almz =Altura de mazorca, Ptm<sup>2</sup> =Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>2</sup> =Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup> =Mazorcas por planta, PMz =Peso de mazorcas, Pod =% mazorcas podridas, Aca =% plantas acamadas, Enf =Bipolaris, Aspt =Aspecto de planta, Asmz =Aspecto de mazorcas, Cob = % de mala cobertura, Tex = Textura del grano.

### Interacción Genotipo por Ambiente

El análisis de varianza Tipo IV del rendimiento de grano para el combinado de 23 localidades, así como el valor de los dos ejes principales de la interacción genotipo-ambiente, obtenidos a través del modelo Biplot GGE-SReg se presenta en el Cuadro 11. El resultado de este análisis indicó que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 75,6% de la interacción genotipo ambiente con tan solo el 39,6% de los grados de libertad.

Las puntuaciones Biplot GGE-SReg, tanto de los genotipos como de las localidades, presentan diferentes patrones de interacción (Cuadro 12). Con estas puntuaciones cada variedad y cada localidad es representada en la gráfica Biplot que se muestra en la Figura 2. De acuerdo a Yan et al. (2000), al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales, se forma un polígono con los genotipos que están más alejados del centro (0,0). Estos genotipos en los vértices del polígono son los que más aportan a la interacción, es decir, éstos son considerados los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación (Yan et al., 2007; Samonte et al., 2005). Las líneas punteadas en verde son perpendiculares a cada lado del polígono desde el punto central de la gráfica. Estas líneas dividen el polígono en sectores o Grupos Ambientales (con ambientes similares entre sí para la respuesta de los genotipos ubicados dentro de cada sector). En donde el genotipo que está ubicado en el vértice de cada sector corresponde al genotipo con mejor desempeño en el mismo (Yan et al., 2007).



**Cuadro 11. Análisis de varianza Tipo IV y componentes principales (PCA) para la variable rendimiento de grano, Panamá, 2017-2019.**

<i>F de V</i>	<i>gl</i>	<i>Suma de Cuadrados Tipo IV</i>	<i>Cuadrados Medios</i>
AMB	22	634,24	28,83**
GEN	5	46,25	9,25**
GEN x AMB	110	72,46	0,66
PCA-1	26	61,22	2,35
PCA-2	24	28,48	1,16

**Cuadro 12. Puntuaciones de los dos ejes correspondientes a los componentes principales (PCA) para rendimiento de grano según genotipo y localidad, Panamá 2017-2019.**

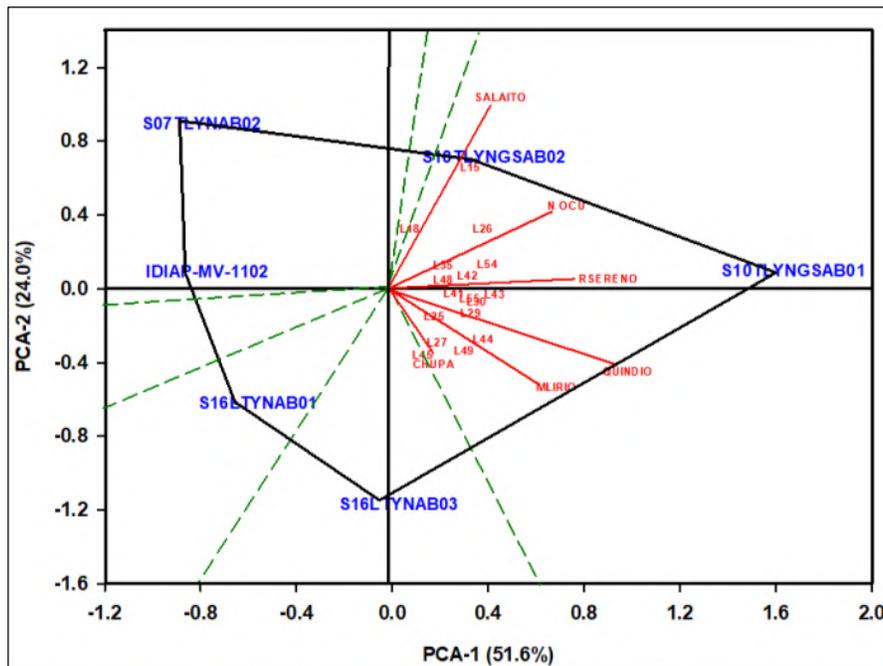
<i>Híbridos</i>	<i>PCA1</i>	<i>PCA2</i>	<i>Localidades</i>	<i>Abrev.</i>	<i>Año</i>	<i>PCA1</i>	<i>PCA2</i>
1. S16LTYNHGAB01	-0,560	-0,624	El Ejido A	L15	2017	0,326	0,656
2. S16LTYNHGAB03	0,027	-1,169	El Salaíto	L16	2017	0,453	1,040
3. S10TLYNGSHGAB01	1,674	0,096	Nuevo Ocú	L17	2017	0,728	0,449
4. S10TLYNGSHGAB02	0,423	0,711	La Colorada	L18	2017	0,074	0,323
5. S07TLYNHGAB02 (TR)	-0,795	0,897	La Candelaria	L25	2018	0,175	-0,148
6. IDIAP-MV-1102 (TL)	-0,769	0,088	Purio	L26	2018	0,376	0,325
7.			La Laguna	L27	2018	0,188	-0,289
8.			Chupá	L28	2018	0,173	-0,412
9.			Aranda	L29	2018	0,328	-0,131
10.			Quindío	L30	2018	0,353	-0,074
11.			Río Sereno	L33	2018	0,903	0,054
12.			Monte Lirio	L34	2018	0,685	-0,536
13.			El Ejido O	L35	2018	0,212	0,130
14.			El Ejido A	L41	2019	0,258	-0,028
15.			La Candelaria	L42	2019	0,315	0,072
16.			El Ejido S	L43	2019	0,427	-0,030
17.			Chupá	L44	2019	0,379	-0,276
18.			La Mina	L45	2019	0,128	-0,360
19.			El Nanzal	L48	2019	0,213	0,050
20.			Aranda	L49	2019	0,300	-0,338
21.			Quindío	L50	2019	0,982	-0,451
22.			Los Yáñez	L54	2019	0,397	0,131
23.			Guarumal	L55	2019	-0,324	-0,056

Si todos los ambientes o localidades caen en un solo sector, esto indica que un solo cultivar tuvo el mayor rendimiento en todos los ambientes. Si los marcadores ambientales caen en diferentes sectores, esto indica que diferentes cultivares ganaron en diferentes sectores. Determinar el patrón de qué cultivar fue mejor en qué ambiente de un conjunto de localidades, es una propiedad intrínseca del Biplot GGE (Yan y Kang, 2003; Yan et al., 2007). De acuerdo al resultado de este análisis se formaron dos sectores o Grupos Ambientales. El primero conformado por las localidades El Ejido A (L15), El Salaíto (L16) y La Colorada (L18), todas sembradas el año 2017. Un segundo grupo estuvo conformado por el resto de las 20 localidades (Grupo Ambiental B). En el Grupo A, el rendimiento más



alto se obtuvo con el S10TLYNSHGAB02, mientras que el S10TLYNSHGAB01 fue el más alto en el Grupo B. De acuerdo a los marcadores de los genotipos o puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2 la variedad más estable (valor del eje PCA-2 más cercano a 0) en el análisis de las 23 localidades fue la S10TLYNGSHGAB01 (Figura 2).

Las localidades con vectores más largos o las localidades que están más alejadas del centro del gráfico (líneas de rojo en la gráfica Biplot) discriminan más los genotipos (Yan et al., 2000). Si un marcador de una localidad está cerca del origen del Biplot; es decir, si la localidad tiene un vector muy corto, significa que todos los genotipos se desempeñaron de manera similar y, por lo tanto, proporcionó poca o ninguna información sobre las diferencias de genotipo. Un vector corto también podría significar que el entorno no está bien representado por PC1 y PC2 si el Biplot no explica la mayor parte del GGE de los datos (Yan et al., 2000; Yan et al., 2007). En esta evaluación las localidades de El Salaito (Grupo A) y Quindío (Grupo B) están más alejadas del centro, por lo que son consideradas las que mejor discriminaron a los genotipos respectivamente.



**Figura 2.** Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de seis variedades de maíz grano en 23 localidades de Panamá, 2017-2019 (Biplot GGE-SReg).



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

### Análisis de confiabilidad o respuesta normalizada

Los resultados del análisis de estabilidad y confiabilidad de la respuesta normalizada (RN<sub>i</sub>), para las cinco variedades evaluadas los tres años en las 23 localidades, se presentan en el Cuadro 13. Las confiabilidades de la respuesta normalizada difirieron a través de los distintos cultivares de acuerdo al valor del estadístico de Wald ( $W= 65,76$ ,  $P=1,77 \times 10^{-7}$ ). El genotipo S10TLYNGSHGAB01, de baja interacción con el ambiente y una puntuación cercana a cero del segundo eje del Componente Principal (PCA2), presentó una respuesta normalizada superior, con un valor de RN<sub>i</sub> de 0,94. El resto de las variedades presentaron respuestas normalizadas menores de 0,70 y valores del PCA2 alejados de 0,00. La respuesta normalizada de la variedad S10TLYNGSHGAB01 significa que en noventa y cuatro de cada cien localidades hay una respuesta superior de esta variedad con respecto al testigo nacional IDIAP-MV-1102. Esta diferencia fue en promedio general de  $0,94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Las magnitudes de las respuestas normalizadas coinciden con los encontrados por Gordón et al. (2015) y Camargo et al. (2003). A diferencia de la estabilidad, la confiabilidad permite hacer inferencias más amplias que ésta, ya que depende de las diferencias con el testigo y el genotipo de interés en las distintas localidades utilizadas en la evaluación (Eskridge et al., 1993).

**Cuadro 13. Rendimiento promedio, diferencias de rendimiento (Di), desviación estándar de las diferencias (Sdi), Respuestas normalizadas (RN<sub>i</sub>), Puntuación del componente principal del segundo eje de la interacción Genotipo Ambiente (PCA2) y probabilidad de la Respuesta Normalizada con respecto al testigo local IDIAP-MV-1102, Panamá, 2017-2019.**

VARIEDAD	Rend $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	Diferencia $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	Desv. Est. $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$	RN <sub>i</sub> (Di/Sdi)	Puntuación PCA2	Probabilidad RN <sub>i</sub> >0*
S16LTYNHGAB01	5,50	0,06	0,509	0,11	-0,624	0,54
S16LTYNHGAB03	5,63	0,18	0,742	0,25	-1,169	0,60
<b>S10TLYNGSHGAB01</b>	<b>6,39</b>	<b>0,94</b>	<b>0,622</b>	<b>1,52</b>	<b>0,096</b>	<b>0,94</b>
S10TLYNGSHGAB02	5,74	0,29	0,664	0,44	0,711	0,67
IDIAP-MV-1102	5,45				0,088	

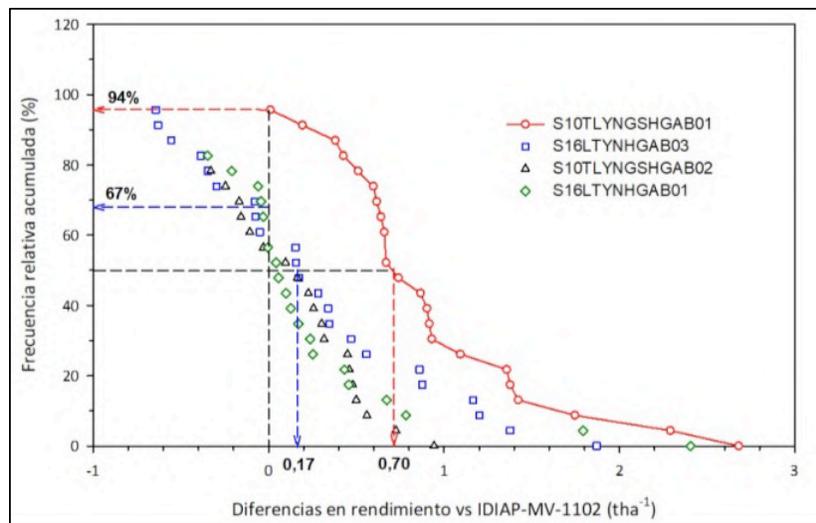
\* Estadístico de Wald = 65,76  $P=1,77 \times 10^{-7}$  para hipótesis nula de que no hay diferencias entre confiabilidades verdaderas.

Las curvas de frecuencia acumuladas de las diferencias de las cuatro nuevas variedades con respecto al testigo IDIAP-MV-1102 en función de la probabilidad normalizada presentaron distintos patrones (Figura 3). La confiabilidad de la respuesta difirió a través de las mismas. Según Eskridge et al. (1993), en cuanto más se desplace la función de confiabilidad hacia la derecha, mayor será la diferencia de medias y es más



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

probable que la variedad de prueba supere a la variedad testigo. En esta gráfica se aprecia como el sintético S10TLYNGSHGAB01 es mejor que las otras tres variedades en cuanto a superar al testigo en mayor cantidad total para una misma frecuencia acumulada. Se verifica que entre mayor es la diferencia de rendimiento, mayor es la confiabilidad estimada, es decir, si se toma la mediana (50% de todas las localidades), el sintético S10TLYNGSHGAB01 supera al testigo en un poco más de 0,70 toneladas, mientras que los otros sintéticos promedian menos 0,17 t·ha<sup>-1</sup>. De acuerdo a Camargo et al. (2003), la variación en confiabilidad para los genotipos dentro de un diferencial dado, se debe básicamente a las diferentes magnitudes de las desviaciones estándares a través de los distintos ambientes.

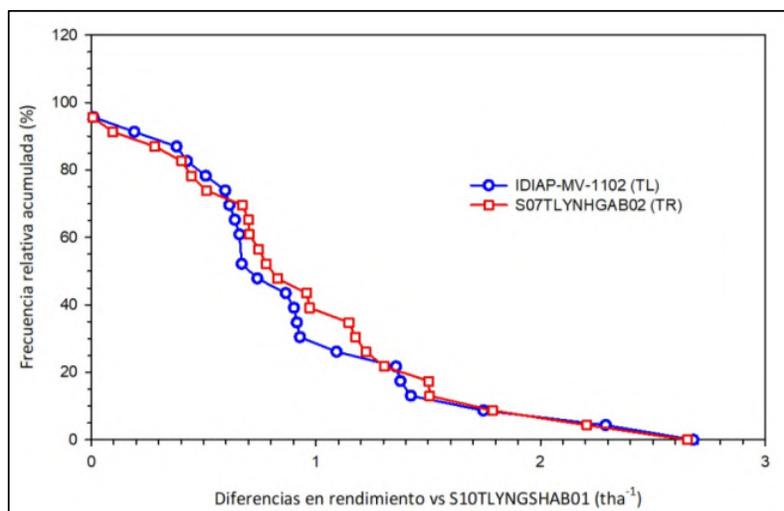


**Figura 3. Relación de la frecuencia acumulada de la probabilidad normalizada con las diferencias de rendimiento de las variedades experimentales y el testigo IDIAP-MV-1102, Panamá 2017-2019.**

Al comparar la variedad S10TLYNGSHGAB01 con el testigo Regional y Nacional se encontró que el mismo supera a ambos con patrones de frecuencias acumuladas de la respuesta normalizada similar (Figura 4). El resultado del análisis de Rachas, el estadístico de Wald (0,014) indica que la nueva variedad tiene una respuesta similar ante los dos testigos; es decir, no hay diferencias entre las confiabilidades de las respuestas del S10TLYNGSHGAB01 con respecto a los dos testigos; superándolos a ambos en la mayoría de las localidades. Estos resultados han mostrado que ambos testigos son muy buenos genotipos que combinan altos rendimientos y baja interacción. Camargo et al., 2003,



señalan que estas son características favorables que contribuyen a que las respuestas normalizadas de los nuevos genotipos no muestren ganancias muy significativas en rendimientos. Por otra parte, Córdova et al., 1993, indican que los testigos regionales o nacionales deben permitir tanto a productores como a mejoradores un término de referencia para comparar nuevos genotipos; por lo tanto, es necesario que tengan un nivel adecuado de producción y un comportamiento estable a través de los ambientes que estamos interesados en llevar o liberar nuevos cultivares; de lo contrario, si no se tiene un testigo que esté bien adaptado a las condiciones ambientales y de suelo en donde se llevan los ensayos, la confiabilidad nos llevará a conclusiones erróneas (Eskridge y Mumm, 1992).



**Figura 4. Relación de la frecuencia acumulada de la probabilidad normalizada con las diferencias de rendimiento la variedad S10TLYNGSHAB01 y los dos testigos, Panamá 2017-2019.**

## CONCLUSIONES

- Se logró identificar genotipos superiores de grano normal adaptados a las condiciones edafoclimáticas del país y que superan al testigo nacional y regional utilizado en la investigación.
- La integración de las metodologías utilizadas como Biplot GGE-SReg y confiabilidad de la respuesta, ayudan a aumentar la certeza de los investigadores en el proceso de selección de cultivares élites con buena adaptabilidad y estabilidad a la región de interés, permitiendo la selección de cultivares superiores.



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

- La repetitividad como herramienta que mide la precisión experimental se ve afectada cuando todos los cultivares evaluados tienen un potencial de rendimiento similar, reduciendo la varianza entre genotipos hasta tomar valor de cero.

### RECOMENDACIONES

- Presentar toda la documentación generada para el registro ante el Comité Nacional de Semillas del Ministerio de Desarrollo Agropecuario, de las nuevas variedades S10TLYNGSHGAB01 y S16LTYQHGAB05 para su siembra en la República de Panamá.
- El nombre sugerido para estas variedades es de IDIAP-MV-1816 en el caso de la variedad amarilla de grano normal y de IDIAP-MQ-18 para la variedad de grano amarillo de alta calidad proteica.

### BIBLIOGRAFÍA

- Camargo-Buitrago, I., R. Gordón-Mendoza, y E.I. Quirós-McIntire. 2017. La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):159-169. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.24239>.
- Camargo, I., E.I. Quirós y V.M. Camargo. 2014. Selección de nuevos genotipos de arroz basados en la probabilidad de superar al testigo. *Agronomía Mesoamericana* 25(1):63-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43730495007> (consultado 14 abr. 2020).
- Camargo, I., R. Gordón y M.R. Fuentes. 2003. Estabilidad y confiabilidad de los nuevos híbridos de maíz en comparación al testigo regional HB-83, 1998-200. *Agronomía Mesoamericana* 14(2):129-134. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43714201.pdf>
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1995. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D.F. 20p.
- Córdova, H.S., y H.J. Barreto, J. Crossa. 1993. Impacto del desarrollo de híbridos en Centro América: confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre el genotipo H5 y



consideraciones para selección de testigos regionales. En: Síntesis de resultados Experimentales del PRM. 4:3-10. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/3636/67845.pdf> (consultado 14 ago. 2020).

Cornelius, P.L., and J. Crossa. 1999. Prediction assessment of shrinkage estimators of multiplicative model for multi environment cultivar trials. *Crop Science*. 39:998-1009. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.0011183X003900040007x>

Cornelius, P.L., J. Crossa, and M.S. Seyedsadr. 1996. Statistical test and estimators of multiplicative models for genotype-by-environment interaction. En: Kang, M.S. y Gauch, H.G. (eds). *Genotype-by-environment interaction*. Boca Ratón, FL., CRC Press. 199-234.

Crossa, J., P.N. Fox, W.H. Pfeiffer, S. Rajaram, and H.G. Gauch, Jr. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical and Applied Genetics*. 81(1):27-37. <https://doi.org/10.1007/BF00226108>

Eberhart, S.A., and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6:36-40. <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>

Eskridge, K.M., O.S. Smith, and P.F. Byrne. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test check differences from on farm trials. *Theoretical and Applied Genetics*. 87:60-64.

Eskridge, K.M., and R.F. Mumm. 1992. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. *Theoretical and Applied Genetics*. 84:494-500.

Gordón-Mendoza, R., J.E. Franco, J.I. Núñez, A.E. Sáez, J.E. Jaén., F.P. Ramos y A.E. Ávila. 2019. Evaluación de la adaptabilidad de híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la Región de Azuero, Panamá, 2017. *Visión Antataura* 3(2):15-32.



Gordón-Mendoza, R., J. Franco Barrera, J. Núñez Cano, J. Jaén Villarreal, A. Sáez Cigarruista, F. Ramos Manzané y A. Ávila Guevara. 2017. Variedades de maíz en la Región de Azuero, Panamá, 2017. *Ciencia Agropecuaria* 28:117-131.

Gordón-Mendoza, R., y I. Camargo-Buitrago. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 26(1) 55:63. DOI: [10.15517/am.v26i1.16920](https://doi.org/10.15517/am.v26i1.16920)

Gordón, R. 2009. Manejo Integral del cultivo de Maíz. Folleto Técnico. IDIAP. 20 pág.

Johnson, D.E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thompson Editors. 566 p.

Kogo, B.K., L. Kumar, R. Koech, and P. Langat. 2019. Modelling Impacts of climate change on maize (*Zea mays* L.) growth and productivity: A review of models, outputs and limitations. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7:76-95.  
DOI: [10.4236/gep.2019.78006](https://doi.org/10.4236/gep.2019.78006)

Ruane, A.C., C.L. DeWayne, R.M. Horton, R. Gordón, R. McCollum, D. Brown, B. Killough, R. Goldberg, A.P. Greeley, and C. Rosenzweig. 2013. Climate change impact uncertainties for maize in Panama: Farm information, climate projections, and yield sensitivities. *Agricultural and Forest Meteorology*. 170:132-145.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.10.015>

Samonte, S.O.PB., L.T. Wilson, A.M. McClung, and J.C. Mendley. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE Biplot analyses. *Crop Science*. 45:2414-24124.

Srivastava, A.K., C.M. Mboh, G. Zhao, T. Gaiser, and F. Ewert. 2018. Climate change impact under alternate realizations of climate scenarios on maize yield and biomass in Ghana. *Agricultural Systems* 159:157-174.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.011>



- Vargas, M., E. Combs, G. Alvarado, G. Atlin, K. Mathews, and J. Crossa. 2013. META: A suite of SAS Programs to analyze Multi environment breeding trials. *Agronomy Journal*. 105:11-19.
- Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods, and P.L. Cornelius. 2007. GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science* 47:641-653.  
DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.06.0374>
- Yan, W., and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*. 86: 623-645.  
DOI: <https://doi.org/10.4141/P05-169>
- Yan, W., and M.S. Kang. 2003. *GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC Press, Boca Ratón, FL. 271 p.
- Yan, W., and I. Rajcan. 2002. Biplot Analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science* 42:11-20. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1100>
- Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar Evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. *Crop Science*. 40:597-605.  
DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x>



## INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y TIPIFICACIÓN DEL SISTEMA VACA-TERNERO Y DOBLE PROPÓSITO EN GUALACA, PANAMÁ<sup>1</sup>

*Pedro Guerra-Martínez<sup>2</sup>; María Milagros De Gracia-Victoria<sup>3</sup>;  
Carlos Iván Martínez-Delgado<sup>4</sup>; José Luis Bernal-Rosas<sup>5</sup>;  
Olegario Ibarra-Guerra<sup>6</sup>; Arnulfo Domínguez-De León<sup>7</sup>*

### RESUMEN

Los objetivos de este estudio fueron presentar una propuesta como herramienta para la evaluación de la sostenibilidad social, identificar variables de los indicadores de sostenibilidad social, tipificar y caracterizar las fincas del sistema vaca-ternero (SVT) y doble propósito (SDP) de Gualaca, Chiriquí. Se seleccionaron siete fincas del SVT y seis del SDP. Se aplicó una encuesta estructurada y analizada con la metodología de Ríos (2010). Se consideraron 24 variables ( $X_i$ ) y conformaron 12 variables determinantes (VISS $_i$ ) de los indicadores de sostenibilidad social. Las VISS $_i$  seleccionadas presentaron  $CV > 25\%$ . A cada  $X_i$  se asignaron valores ( $VA_i$ ) mediante escalas de Likert. Con las VISS $_i$  se calcularon los indicadores de sostenibilidad social,  $Cind_i$  para SVT y  $Lind_i$  para SDP y el General ( $VistC$  y  $VistL$ , respectivamente). Con las variables relativizadas ( $rjVISS_i$ ) se realizaron análisis de Componente Principal (ACP) y Conglomerado (AC). Los  $Cind_i$  y  $Lind_i$  se sometieron a un análisis de varianza. Se identificaron cuatro y tres factores para SVT y SDP, respectivamente. El AC agrupó las fincas en tres grupos en ambos sistemas de producción. El rango de  $Cind_i$  fue 0,00 a 0,25 en fincas SVT y de  $Lind_i$  de 0,00 a 0,22 en SDP. Mayor  $VistC$  fue 0,89 de la Finca8 y en  $VistL$  fue 0,82 de la Finca3. El análisis de varianza mostró diferencias ( $P < 0,05$ ) entre grupos del SVT en  $Cind_7$ ,  $Cind_{11}$  y  $VistC$ , pero en SDP fue en  $Lind_8$  y  $Lind_{11}$ . Estos indicadores son los primeros generados en Panamá y difieren de los propuestos por Ríos, 2010.

**Palabras claves:** Análisis multivariados, variables sociales, sistemas ganaderos, escala Likert, índices de sostenibilidad.

<sup>1</sup>Recepción: 8 de septiembre de 2020. Aceptación: 7 de octubre de 2020. Aporte del Proyecto de Difusión y Adopción de Tecnologías Generadas por IDIAP en Fincas Familiares Ganaderas en Chiriquí, Veraguas y Los Santos. Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega" (EEG-CMO). Centro de Investigación Agropecuaria de Chiriquí. Dirección Nacional de Productos y Servicios. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<sup>2</sup>IDIAP. CIA Chiriquí. EEG-CMO. DINPROS. IDIAP. Gualaca, Chiriquí. M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. Gerente de Proyecto. e-mail: [pedroguerram16@gmail.com](mailto:pedroguerram16@gmail.com)

<sup>3</sup>IDIAP. CIA Chiriquí, EEG-CMO. Técnica Parasitología.

<sup>4</sup>IDIAP. CIA Chiriquí, EEG-CMO. Ing. Agr. Zoot. Producción Animal.

<sup>5</sup>IDIAP. CIA Chiriquí, EEG-CMO. MVZ. Reproducción.

<sup>6</sup>IDIAP. CIA Chiriquí, EEG-CMO. Asistente en Reproducción.

<sup>7</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. Chiriquí. Estudiante Graduado.



## SOCIAL SUSTAINABILITY INDICATORS AND TYPIFICATION OF THE COW-CALF AND DUAL PURPOSE SYSTEMS IN GUALACA, PANAMA

### ABSTRACT

The aims of this study were to present a proposal as a tool for social sustainability evaluation, identify variables of the social sustainability, typify and characterize farms of the cow-calf system (SVT) and dual-purpose system (SDP) in Gualaca, Chiriquí. It was selected seven SVT and six SDP farms. A structured survey was applied based on Rios (2010) methodology. There were considered 24 variables ( $X_i$ ) and conformed 12 determinant variables (VISS<sub>i</sub>) from social sustainability indexes (Kind<sub>i</sub>). Selected variables VISS<sub>i</sub> showed CV>25%. Values (VA<sub>i</sub>) were assigned to each  $X_i$  using Likert scales. With VISS<sub>i</sub>, social sustainability indexes were calculated, Cind<sub>i</sub> for SVT and Lind<sub>i</sub> for SDP and General (VistC and VistL, respectively). Related VISS<sub>i</sub> were analyzed by multivariate analysis as principal component (PCA) and cluster analysis (CA). Cind<sub>i</sub> and Lind<sub>i</sub> were submitted to an analysis of variance. Four and three factors were identified for SVT and SDP, respectively. Cluster analysis grouped farms in three groups in both systems. Range of Cind<sub>i</sub> was 0,000 to 0,250 in SVT farms and 0,000 to 0,222 in Lind<sub>i</sub> of SDP farms. Higher value for VistC was 0,894 (Farm8) and in VistL was 0,817 (Farm3). Analysis of Variance showed  $P<0,05$  among groups of farms in Cind<sub>7</sub>, Cind<sub>11</sub> and VistC, but in SDP it was in Lind<sub>8</sub> and Lind<sub>11</sub>. These indexes are the first-one generated in Panamá and differed from the proposed by Ríos, 2010.

**Key words:** Multivariate analysis, social variables, livestock systems, Likert scale, sustainability indexes.

### INTRODUCCIÓN

Desde la fundación del IDIAP en 1975, la generación de tecnologías pecuarias ha estado orientada a la intensificación y especialización de los sistemas de producción bovinos. Hoy en día la viabilidad a largo plazo de estos sistemas es cuestionada debido a la crisis relacionada con la salud animal y los efectos detrimentales (costo de producción y precio recibido por el ganadero) en el ingreso económico de la finca, el bienestar animal y los efectos ambientales (ten Napel et al., 2011; Rigby et al., 2001; Lebacq et al., 2013). Por lo tanto, hay una menor aceptabilidad de tales sistemas intensivos y especializados (Boogaard et al., 2011; ten Napel et al., 2011).



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

De acuerdo con Lebacqz et al. (2013) y Harrington (1995), los sistemas ganaderos sostenibles deben ser ambientalmente amigable, económicamente viables, socialmente deseables y notablemente orientados al bienestar animal. Para tal propósito, muchos indicadores de sostenibilidad y métodos han sido desarrollados a nivel de finca para su correcta evaluación y orientación. Estos autores agregan que el principal reto es usar un proceso de selección transparente de métodos para evitar evaluaciones subjetivas. Se requiere seleccionar adecuadamente los indicadores en el contexto “data-driven” o “datos-conducidos” basados en criterios de selección que incluya (1) indicadores ambientales enfocados en prácticas de la finca (alimentación, salud, sistema de apareamiento y manejo reproductivo), (2) indicadores económicos cuantitativos, y (3) indicadores sociales cuantitativos con un bajo grado de agregación. También han señalado que los indicadores deben considerar (1) la contextualización para determinar propósito, escala e interesados involucrados en la evaluación, (2) la comparación de los indicadores basado en varios criterios, principalmente disponibilidad, y (3) la selección de un mínimo, consistente y suficiente juego de indicadores (Lebacqz et al., 2013; Harrington, 1995).

Las evaluaciones de sostenibilidad son una clave para apoyar el desarrollo de sistemas de fincas sostenibles (Pannell, 1999; Sadok et al., 2008). En la práctica, esto involucra dividir lo anteriormente dicho en tres dimensiones de sostenibilidad en varios asuntos de interés (Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010), llamados objetivos, atributos o temas (Alkan Olsson et al., 2009; Binder et al., 2010; van Calker, 2005) y evaluar estos objetivos usando indicadores (van der Werf y Petit, 2002). Gras (1989) define un indicador como “*una variable el cual suple información en otras variables las cuales son difíciles para acceder y pueden ser usadas como un punto de referencia para tomar decisión*”.

Para Janker y Mann (2018), todavía no permanece claro que significa “social” en el contexto de la sostenibilidad. Sostenibilidad social la definen como un proceso para crear lugares sostenibles exitosos que promueven el bienestar, al entender lo que la gente necesita de los lugares donde ellos viven y trabajan. También se define como la habilidad de una comunidad para desarrollar procesos y estructuras el cual no solo cubran las necesidades de los miembros actuales sino también soporte la habilidad de las futuras generaciones para mantener una comunidad saludable (ADEC, 2019). Contrario a la sostenibilidad ambiental y económica, el interés hacia la sostenibilidad social ha recibido

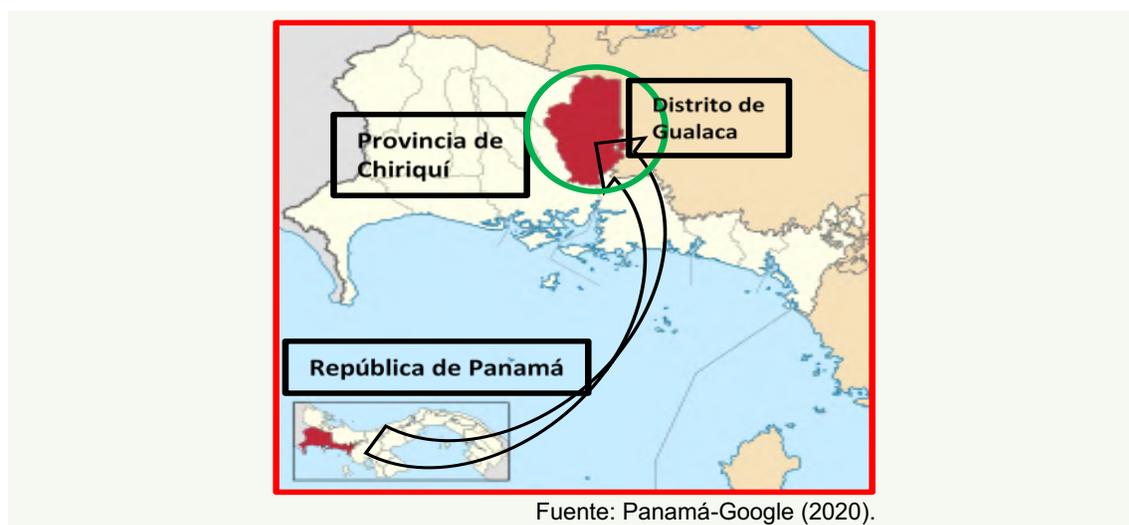


poca atención (Janker, Mann y Rist, 2019), por lo que los objetivos del presente estudio fueron presentar una propuesta como herramienta para la evaluación de la sostenibilidad social, identificar las variables de los indicadores de sostenibilidad social, tipificar y caracterizar las fincas ganaderas del sistema vaca-ternero<sup>8</sup> (SVT) y doble propósito<sup>9</sup> (SDP) de Gualaca, Chiriquí, mediante modificación de la metodología de Ríos (2010) y proponer una escala para ambos sistemas de producción bovinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se basó en la metodología propuesta por Ríos (2010), pero aumentando el número de variables (Xi) a 24.

**Área y sitios de estudio:** el estudio se realizó en fincas ganaderas del distrito de Gualaca en la provincia de Chiriquí (Figura 1). Las fincas estuvieron localizadas en las comunidades de El Macho, Los Ángeles, La Esperanza, Chalapa, La Palma, Brazo de Tigre, Chimenea y Bajo Méndrez.



Fuente: Panamá-Google (2020).

**Figura 1. Localización del distrito de Gualaca de la República de Panamá.**

<sup>8</sup>El sistema vaca-ternero es el sistema bovino en donde el producto final es el ternero destetado. Predominan animales de razas Cebuinas y algunos cruces con razas europeas cárnicas. Se basa en el pastoreo directo y los terneros son destetados entre 7 a 10 meses de edad.

<sup>9</sup>Es sistema doble propósito es el sistema bovino en donde los productos finales son la leche del ordeño, generalmente manual, y el ternero destetado. Predominan animales cruzados (razas lecheras x Cebú) y las lactancias duran entre 6 a 10 meses. Utiliza más el pastoreo y pasto de corte.



**Número de fincas:** se utilizaron seis fincas del sistema doble propósito y siete fincas del sistema vaca-ternero del distrito de Gualaca del Proyecto de Difusión y Adopción de Tecnologías Generadas por IDIAP.

**Toma de información:** la información se obtuvo de una encuesta estructurada tomando como base la encuesta de Ríos (2010), pero adicionándole 12 variables. Posteriormente la información se codificó y se tabuló en una hoja electrónica para su posterior análisis estadístico.

**Enfoque de evaluación de sostenibilidad:** el método de evaluación de la sostenibilidad social es el llamado “data-drive” o “datos-conducidos” el cual consiste en seleccionar y calcular indicadores de datos existentes, recabados de una encuesta estructurada (Meul et al., 2007).

**Tratamiento de la información:** previo al análisis estadístico se identificaron 24 variables ( $X_i$ ) de las encuestas, las cuales fueron utilizadas para calcular las Variables de los Indicadores de Sostenibilidad Social (VISSi) y estas a su vez se utilizaron para estimar los Indicadores de Sostenibilidad Social ( $Kind_i$ ),  $Cind_i$  para el sistema vaca-ternero (SVT) y  $Lind_i$  para el sistema doble propósito (SDP).

**Definición de las variables de indicadores de sostenibilidad social (VISSi):** de acuerdo a Lebacqz et al. (2013), van Cauwenbergh et al. (2007), van Calker et al. (2007), en la evaluación de la sostenibilidad social existen dos amplios temas: (1) Sostenibilidad social interna o el bienestar de la comunidad de fincas que incluye aspectos como (a) condiciones de trabajo; (b) educación y (c) calidad de vida; y (2) sostenibilidad social externa o valores de intereses de la sociedad que incluye aspectos como (i) multifuncionalidad, (ii) prácticas agrícolas aceptables y (iii) calidad del producto. En este estudio las variables ( $X_i$ ) de la encuesta se utilizaron para determinar la medida del  $Kind_i$  a través de las VISSi, tomando en cuenta la información de la literatura (por ejemplo, Ríos, 2010), aspectos críticos relacionados con la actividad de los sistemas de producción, características de los productores de la región, condiciones observadas en campo y consulta de colegas investigadores. Las medidas de cada una de estas variables  $X_i$  se obtuvieron de los resultados de la escala de Likert (Likert, 1932) que se establecieron en la entrevista



estructurada que se sostuvo con cada ganadero. La escala de Likert es una herramienta de un método de investigación en campo que permite medir la opinión de un individuo sobre un tema a través de un cuestionario que identifica el grado de acuerdo o desacuerdo de cada pregunta (Hammond, 2020).

Las variables de los indicadores de sostenibilidad social (VISSi) utilizadas en el estudio fueron:

*a.- Asociativismo (ASOC1)*

Esta variable se relaciona si el ganadero es independiente o pertenece a un grupo no organizado o a una cooperativa o asociación de productores (X22). La escala era de 1 a 3.

*b.- Disponibilidad de insumos agropecuarios en el área y precios (INSAGR2)*

En esta variable interesó, ambas variables, la cercanía de la finca a los centros de venta de insumos agropecuarios (X26 en escala de 1 para cercana a 3 para lejos) y los precios ofrecidos al ganadero (X27 en escala 1 para adecuado a 3 para inadecuado).

*c.- Consenso social (CONSOC3)*

Se refiere al nivel de relación medido en el flujo de información que existe entre productores de la región, su grado asociación y nivel de conflicto de intereses (X10). Se midió a través de una escala de percepción de 0 a 3 para cuatro niveles de X10. Donde el valor 3 es para cuando el flujo de información es suficiente, o la asociación de productores es buena y cuando no existe conflicto de intereses (total máximo es 9) y 0 cuando no existe ninguno de los criterios mencionados (total mínimo es 0).

*d.- Grado de satisfacción del recurso humano (RECHUM4)*

Se relaciona con aquellas características de importancia social para el recurso humano empleado. Se refiere a la estabilidad laboral (X7), salario y prestaciones (X8) y la presencia de un programa de salud ocupacional (X9). La escala de percepción fue de 2 a 1 y el puntaje máximo de las tres variables fue de 7 y mínimo de 3.

*e.- Acceso al mercado (MERC5)*

Se evaluó tomando en cuenta la variable X11 con sus dos criterios: precio recibido del ternero y costo del transporte de la finca al mercado. En una escala de percepción de 1 a



3 se midió el grado de satisfacción: malo (2 puntos), mediano (4 a 3 puntos) y bueno (4 a 6 puntos).

*f.- Facilidades de acceso al crédito (CRED6)*

Para obtener esta variable se relacionaron tres parámetros que según Ríos (2010) son considerados los más importantes para la satisfacción de los productores con respecto a las oportunidades crediticias. Se consideró el historial crediticio (X13), requisitos y/o garantía (X14) y entidades con acceso al crédito (X15). Se evaluaron a través de la escala de percepción de 0 a 3 y el puntaje máximo fue de 9 (buena) y mínimo de 1 (mala).

*g.- Apoyo institucional (APOY07)*

Es el nivel de satisfacción de los productores respecto al grado de apoyo de las instituciones gubernamentales y la opinión de los ganaderos (X12) para la producción y comercialización de su producto (ternero y leche). Se midió a través de una escala de percepción de 1 a 3 y el puntaje máximo fue de 12 (buena) y mínima de 4 (mala).

*h.- Tamaño familiar (TAMFAM8)*

Esta variable se relaciona con el número de hijos en la familia del ganadero encuestado (X16). Esta variable se codificó directamente.

*i.- Disponibilidad y uso de la mano de obra (USOMO9)*

Esta variable de indicador de sostenibilidad social se relaciona con el número de mano de obra contratada (X19), número de la mano de obra eventual contratada (X20) y tiempo utilizado de la mano de obra eventual (X21). La USOMO9 es la suma de los códigos de X19, X20 y X21. La escala de percepción para evaluar el uso de la mano de obra fue de 0 a 3, por lo tanto, la puntuación total varió de 9 (máximo uso y disponibilidad) a 1 (mínimo uso y disponibilidad).

*j.- Dedicación a la finca (DEDIC10)*

Se refiere al tiempo que el ganadero dedica a su finca (X17) (días/semana) y al número de hijos dedicados a la finca (X18). DEDIC10 es la suma de los códigos de X17 y X18. La escala de percepción para evaluar la dedicación a la finca fue de 7 a 0 y la puntuación



máxima fue de 10 (todos los días de la semana y más de 3 hijos) a 1 (un día a la semana y ningún hijo colaborando).

*k.- Satisfacción del nivel académico recibido por los hijos de acuerdo con la disponibilidad de centros educativos (ACAD11)*

Esta variable se refiere a la satisfacción educativa recibida de acuerdo con la disponibilidad de centros educativos primaria (X23), secundaria (X24) y universitaria (X25) para los hijos del ganadero en sus diferentes niveles en el distrito de Gualaca. La escala de percepción fue de 1 a 3 en las tres variables y el puntaje máximo fue de 9 (insuficiente disponibilidad) a 3 (suficiente disponibilidad) para el nivel académico adquirido por los hijos del ganadero es la siguiente.

*l.- Grado de bienestar o calidad de vida (GBCV12)*

Esta variable es relativa al número de necesidades satisfechas (X4) y grado de bienestar (X6) que las personas pudieron alcanzar. Toma en cuenta el nivel tecnológico de la finca (X5) y se midió en una escala de percepción de 1 a 5. El puntaje máximo fue de 11 (máximo nivel educativo, nivel tecnológico y acceso a servicios públicos).

*m.- Cálculo de los Indicadores de Sostenibilidad Social (Kind<sub>i</sub>):*

Los Kind<sub>i</sub> se refiere a los indicadores para el SVT es llamado Cind<sub>i</sub> y el SDP es llamado Lind<sub>i</sub> que están conformados por la medida de las variables sociales (VISSi) en orden de importancia (factor de ponderación), explicadas anteriormente y resumidas en un solo valor.

El Kind<sub>i</sub> se calcula así:

$$Kind_i = \frac{\sum(VISSi * P_{ij} / Max\ Valor\ VISSi)}{\sum P_{ij}}$$

Donde:

*Kind<sub>i</sub>*: representa el Indicador de Sostenibilidad Social para SVT (Cind<sub>i</sub>) y SDP (Lind<sub>i</sub>).

*VISSi*: es cada una de las variables sociales propuestas y medidas

*P<sub>ij</sub>*: son los valores de importancia (ponderación) de cada VISSi

*Max Valor VISSi*: es el máximo valor que puede asumir cada VISSi, de acuerdo con la escala de calificación.



Los indicadores de sostenibilidad social general (VistC y VistL para el SVT y SDP, respectivamente) es la sumatoria de los  $Cind_i$  y  $Lind_i$  para cada sistema de producción.

*Análisis de la información:* las variables de los indicadores de sostenibilidad social (VISSi) fueron primeramente relativizados  $rjVISSi$ , (donde j adquiere el sufijo c para SVT y j es l para SDP) para posterior análisis multivariado como el Análisis de Componente Principal y Análisis de Conglomerado (Ríos, 2010).

$$\text{Valor relativizado } (rjVISSi) = \frac{\text{Valor original } (Xi)}{\sum \text{Ponderaciones/ponderación } Xi}$$

El proceso de relativizar se realizó con el fin de comprender mejor la estructura de correlación existente entre las variables que definen cada uno de los indicadores de sostenibilidad (VISSi). Esas nuevas variables relativizadas ( $rjVISSi$ ) mantienen las características básicas de los datos originales, es decir, los datos transformados, resumen en pocas dimensiones la mayor parte de la variabilidad de un gran número de variables que conforman cada uno de estos indicadores (Ríos, 2010).

*Análisis descriptivo:* a las VISSi se realizó un análisis descriptivo para obtener las medias, máximo valor y coeficiente de variación (CV). Este último se utilizó como criterio para seleccionar las VISSi, tomando como criterio descartar aquellas variables VISSi cuyo  $CV < 25\%$  de acuerdo con Escobar (1995). Esto permitió eliminar aquellas que agregaban muy poco y solo contribuían a distorsionar el análisis

*Análisis de factores:* para este análisis se utilizó el método de componente principal (ACP). Con este tipo de análisis se contribuyó a caracterizar y tipificar las fincas encuestadas para este estudio y, además, permite determinar el número de factores a seleccionar de acuerdo con sus valores latentes o "eigenvalues" (autovalores) mayores a uno (Kim y Mueller, 1978; Hair et al., 1998; De León-García et al., 2018). Se estableció que la proporción acumulada de la varianza explicada por los factores extraídos fueron superior a 75%. También se exploró el método de rotación ortogonal (Varimax) (Hair et al., 1998; Johnson y Wichern 1998; De León-García et al., 2018), el cual mantiene la independencia entre los factores, lo que representa una propiedad importante para el posterior análisis de conglomerados.



*Análisis de conglomerados:* El Análisis de Conglomerados (AC) es la técnica que permitió organizar o clasificar las fincas ganaderas, en un número reducido de grupos, (tipología), con base a información multivariada procedente de la encuesta (Hair et al., 1998; De León-García et al., 2019). De acuerdo con Everitt (1979), se asumió la hipótesis nula más comúnmente utilizada de que los datos bajo estudio son una muestra aleatoria de una distribución normal multivariada. Para definir el número de conglomerados, se usaron los procedimientos Eurísticos de acuerdo con Aldenderfer y Blashfield (1984), en donde el número de conglomerados se determinó a través de un árbol (dendograma) que fue “cortado” por la inspección subjetiva de los diferentes niveles del árbol y se basó en las necesidades y opiniones de los investigadores.

*Análisis de varianza (ANOVA):* para este análisis se utilizaron las variables de  $Kind_i$  y  $Lind_i$  para determinar las diferencias entre los grupos de finca agrupados en el AC y las comparaciones de medias ajustadas por pruebas de t, mediante el siguiente modelo estadístico (Steel y Torrie, 1980):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = es la j-ésima observación del  $Kind_i$  en el i-ésimo grupo de fincas

$\mu$  = es la media general

$\tau_i$  = es el efecto del i-ésimo grupo de finca

$\varepsilon_{ij}$  = es el error aleatorio

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe poca información disponible en la literatura sobre la cuantificación de la sostenibilidad social en los SVT y SDP, debido a sus características subjetivas, diferencias entre productores y otros grupos sociales en la forma que es percibido (van Calker et al., 2007), y la limitada disponibilidad de datos requeridos. Los resultados del análisis descriptivo de las  $VISS_i$  del SVT y SDP se detallan en el Cuadro 1. Este primer análisis de las variables originales de los indicadores de sostenibilidad social permitió eliminar aquellas variables que agregaban muy poca variabilidad y solo contribuían a distorsionar el análisis y hacer “ruido”. Solamente se seleccionaron las variables que tuvieran un coeficiente de variación >25%. Las variables determinantes siete y ocho de los indicadores de



sostenibilidad del SVT y SDP, respectivamente, siendo las variables TAMFAM8 o tamaño familiar (72,8%) la de mayor variación en el SVT y la ASOC1 en el SDP o asociativismo (154,9%). De acuerdo con Lebacqz et al. (2013), los indicadores revisados en la literatura se agrupan principalmente en tres objetivos internos: educación (ACAD11), condiciones de trabajo (RECHUM4, USOMO9 y DEDIC10) y calidad de vida (GBCV12), coincidiendo con estos autores (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Medias, máximos y coeficiente de variación de las VISS<sub>i</sub> seleccionadas de los sistemas de producción bovino.**

Variables	Sistema de producción bovino <sup>1</sup>					
	Sistema Vaca-Ternero			Sistema Doble Propósito		
	Media	Máximo	CV, (%)	Media	Máximo	CV, (%)
Asociativismo (ASOC1)	1,71	2,00	28,5	0,67	2,00	154,9
Disponibilidad de insumos y precios (INSAGR2)	3,29	5,00	28,9	3,17	9,00	21,91
Consenso social (CONSOC3)	8,71	9,00	8,67	7,33	11,00	33,0
Grado de satisfacción del recurso humano (RECHUM4)	5,29	6,00	9,23			
Acceso a mercado (MERC5)	4,57	6,00	21,35	4,17	6,00	28,1
Facilidades de acceso al crédito (CRED6)	7,00	9,00	21,82	7,33	6,00	26,8
Apoyo institucional (APOYO7)	9,86	12,00	28,4	9,67	9,00	29,7
Tamaño familiar (TAMFAM8)	2,71	5,00	72,8	3,50	12,00	53,4
Disponibilidad y uso de mano de obra (USOMO9)	3,71	5,00	40,3	4,33	6,00	23,83
Dedicación a la finca (DEDIC10)	7,00	9,00	21,82	7,50	9,00	21,91
Satisfacción del nivel académico alcanzado por disponibilidad de centros educativos (ACAD11)	5,00	9,00	55,4	5,33	9,00	51,2
Grado de bienestar y calidad de vida (GBCV12)	5,00	8,00	28,3	4,67	7,00	25,9

<sup>1</sup>Áreas sombreadas son variables que no calificaron por CV <25%.

Tomando en cuenta las variables relativizadas ( $r_jVISS_i$ ), del SVT y SDP (Cuadro 2), la variable relativizada de mayor error estándar fue  $r_cACAD11$  y  $r_lACAD11$  o nivel académico de los hijos (0,224 y 0,217, respectivamente). Esto indica que, desde el punto de vista de la variabilidad,  $r_jACAD11$  resultó ser la más importante en el indicador de sostenibilidad social de las fincas ganaderas en estudio.



**Cuadro 2. Medias y error estándar de la media de las variables relativizadas seleccionadas (rjVISSi) por sistema de producción bovino.**

Variables (rjVISSi)*	Sistemas de Producción Bovinos <sup>1</sup>			
	Sistema Vaca-Ternero		Sistema Doble Propósito	
	Media	E.E.	Media	E.E.
rjASOC1	0,429	0,046	0,148	0,094
rjINSAGR2	0,469	0,051		
rjCONSOC3			0,815	0,110
rjMERC5			0,347	0,040
rjCRED6			0,407	0,045
rjAPOYO7	1,760	0,189	1,611	0,196
rjTAMFAM8	0,291	0,080	0,486	0,106
rjUSOMO9	0,265	0,040		
rjDEDIC10				
rjACAD11	1,071	0,224	1,037	0,217
rjGBCV12	0,179	0,019	0,130	0,014

<sup>1</sup>Áreas sombreadas son variables que no calificaron por CV <25%.

\*j toma el sufijo c para el SVT y l para el SDP. EE=error estándar.

### Resultados del análisis de la información del Sistema Vaca-Ternero

Para los análisis de Componente Principal (ACP) y análisis de Conglomerados (AC) se relativizaron las variables determinantes de los VISSi. Los autovalores de la matriz de correlación para el SVT se detallan en el Cuadro 3.

Tomando en cuenta que, para la selección del número de factores, el autovalor debe ser igual o mayor a 1,0 (Kim y Mueller, 1978), se seleccionaron cuatro factores que explican el 99,2% de la varianza acumulada de los datos descritos por el factor. El Factor 1 se relaciona con Calidad de Vida, el Factor 2 con Colaboración a la Finca, Factor 3 con la Familia y el Factor 4 con los Insumos.

**Cuadro 3. Autovalores de la matriz de correlación del sistema vaca-ternero.**

Factor	Autovalor	Proporción Acumulada
1	<b>2,64584586</b>	0,5593
2	<b>1,88169425</b>	0,8920
3	<b>1,13631551</b>	0,9666
4	<b>1,03472866</b>	0,9923
5	0,28732950	0,9997
6	0,01408622	1,0000



A excepción del Factor 4 (Insumos), los otros factores fueron representados por dos rcVISSi (Cuadro 4). En el Factor 1 (Calidad de vida) estuvo representado por rcACAD11 y rcGBCV12, el Factor 2 (Colaboración a la finca) por rcAPOYO7 y rcUSOMO9 y el Factor 3 por rcASOC1 y rcTAMFAM8. La varianza explicada varió de 27,5% en el Factor 1 a 21,0% en el Factor 4. La comunalidad total fue de 6,699.

Utilizando el criterio de Ward (1963) se definieron tres conglomerados. El valor del tercer autovalor explica el 96,7% de la varianza acumulada (Cuadro 5).

La agrupación de fincas por conglomerado se aprecia en la Figura 2, en donde se define que las fincas, Finca9, Finca11, Finca12 y Finca13 pertenecen al Grupo 1, las Finca8 y Fina10 son del Grupo 2 y la Finca7 pertenece al Grupo 3.

**Cuadro 4. Resultados del análisis factorial (componente principal) con las variables relativizadas y el modelo factorial de rotación del sistema vaca-ternero.**

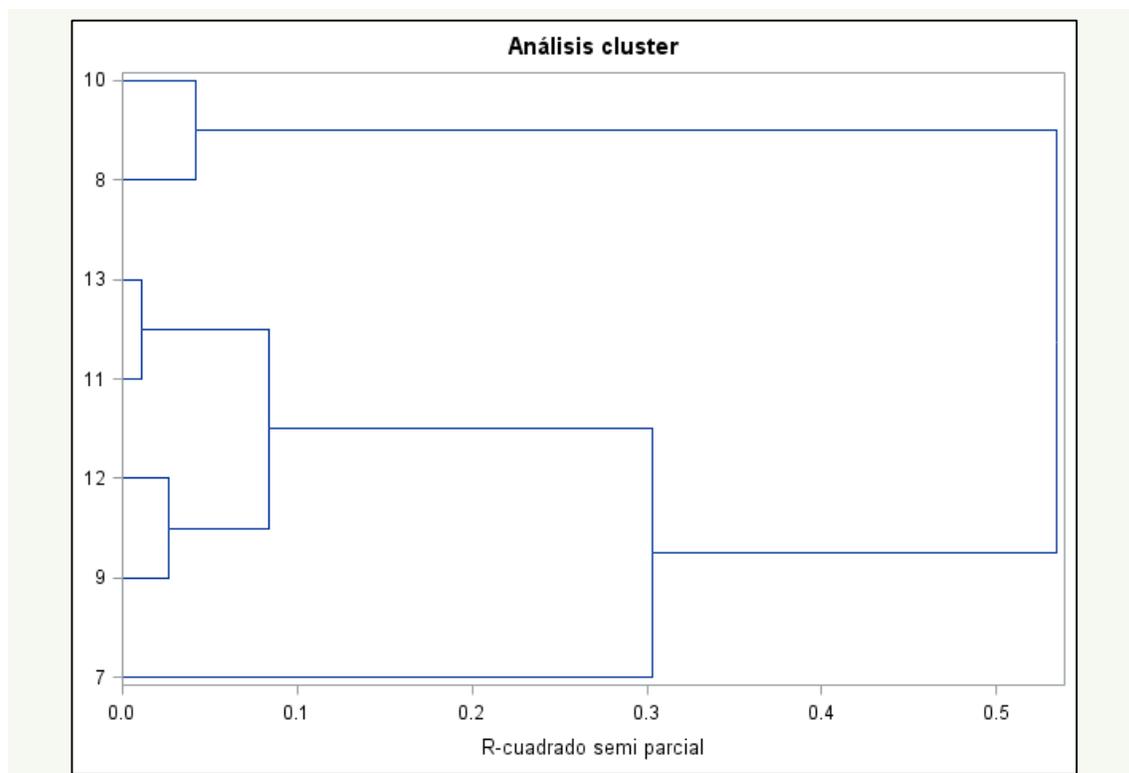
Variables Relativizadas	Factores				Estimación Comunalidad
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	
rcASOC1	-0,426	-0,197	<b>-0,795</b>	0,296	0,940
rcINSAGR2	0,114	0,198	0,007	<b>0,971</b>	0,995
rcAPOYO7	0,069	<b>0,850</b>	0,023	0,433	0,915
rcTAMFAM8	-0,026	-0,1590	<b>0,953</b>	0,166	0,961
rcUSOMO9	0,121	<b>0,942</b>	-0,050	-0,029	0,905
rcACAD11	<b>0,930</b>	-0,029	-0,045	0,357	0,995
rcGBCV12	<b>0,873</b>	0,289	0,336	-0,171	0,988
<b>Varianza</b>	1,841	1,797	1,657	1,403	<b>6,699</b>
<b>Explicada</b>	(27,5%)	(26,8%)	(24,7%)	(21,0%)	

Comunalidad representa la varianza de cada variable explicada por todos los componentes principales. La comunalidad inicial siempre es 1,000. La comunalidad final indica la variabilidad de cada variable que es explicada por el modelo, Carmona, 2014.

**Cuadro 5. Mínima varianza de Ward del análisis de conglomerado. Autovalores de la matriz de covarianza del sistema vaca-ternero.**

Autovalor	Proporción Varianza Acumulada
1 0,3877	0,5593
2 0,2306	0,8920
3 0,0517	0,9666
4 0,0178	0,9923
5 0,0051	0,9997
6 0,0002	1,0000





**Figura 2. Agrupamiento de fincas del sistema vaca-ternero de acuerdo con análisis de conglomerado.**

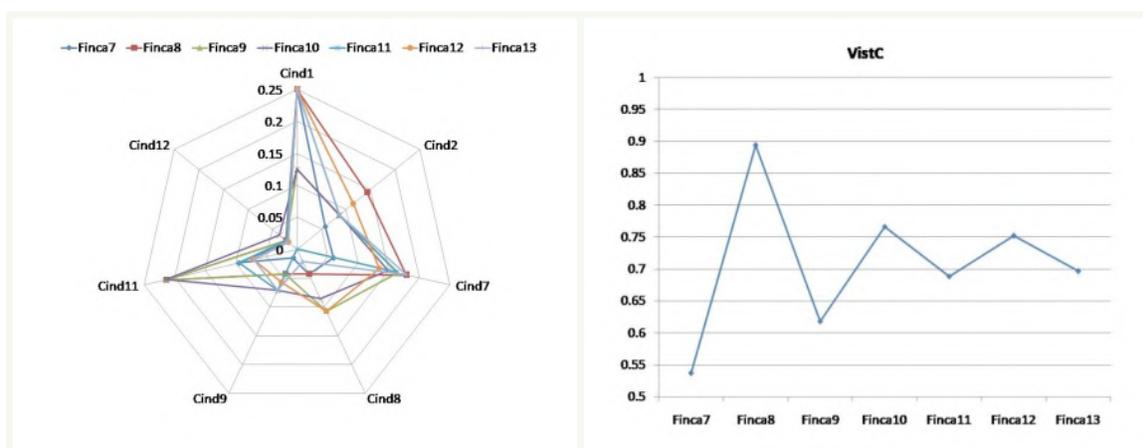
El Grupo 1 está representado por cuatro fincas y solo la variable relativizada rcUSOMO9 presentó la mayor media con  $0,304 \pm 0,068$  (Cuadro 6). El Grupo 2 estuvo representado por dos fincas y las variables relativizadas con mayores medias fueron: disponibilidad de insumos agropecuarios en el área y precios (rcINSAGR2) con  $0,375 \pm 0,177$ , apoyo institucional (rcAPOYO7) con  $1,964 \pm 0,53$ , tamaño familiar (rcTAMFAM8) con  $0,321 \pm 0,152$ , satisfacción por el nivel académico alcanzado por la disponibilidad de centros educativos (rcACAD11) con  $1,929 \pm 0,100$  y grado de bienestar y calidad de vida (rcGBCV12) con  $0,282 \pm 0,076$ . El Grupo 3 solamente estuvo conformado por una finca y la variable relativizada asociativismo (rcASOC1) fue la de mayor media con  $0,500 \pm 0,000$ . De acuerdo con estos resultados el Grupo 2 presentó los mayores valores de las variables relativizadas que dieron origen a los indicadores de sostenibilidad social.



**Cuadro 6. Medias más o menos error estándar de la media de las variables relativizadas por grupo de fincas del sistema vaca-ternero.**

Variables	Grupo 1 (n=4)	Grupo 2 (n=2)	Grupo 3 (n=1)
rcASOC1	0,438±0,125	0,375±0,177	0,500±0,000
rcINSAGR2	0,464±0,071	0,571±0,202	0,286±0,000
rcAPOYO7	1,920±0,225	1,964±0,253	0,714±0,000
rcTAMFAM8	0,295±0,282	0,321±0,152	0,214±0,000
rcUSOMO9	0,304±0,068	0,286±0,101	0,071±0,000
rcACAD11	0,696±0,107	1,929±0,100	0,857±0,000
rcGBCV12	0,161±0,021	0,282±0,076	0,143±0,000

La Finca8 presenta los mayores indicadores de sostenibilidad social en Cind<sub>1</sub> o asociativismo (0,2500), Cind<sub>2</sub> o disponibilidad de insumos y precios (0,1429), Cind<sub>7</sub> o apoyo institucional (0,1786), Cind<sub>11</sub> o nivel académico de los hijos (0,2143) y VistC o indicador social general para el SVT (0,8937). Por otra parte, la Finca7 presentó los menores valores de indicadores de sostenibilidad social en Cind<sub>2</sub> (0,0571), Cind<sub>7</sub> (0,0595), Cind<sub>12</sub> o grado de bienestar (0,0179) y VistC (0,5369) (Figura 3).



**Figura 3. Indicadores de sostenibilidad social (Cind<sub>i</sub>) a la izquierda y total (VistC) por finca del sistema vaca-ternero a la derecha.**

En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre grupos en los indicadores de sostenibilidad social Cind<sub>7</sub> ( $P < 0,05$ ) y Cind<sub>11</sub> ( $P < 0,01$ ); así como una tendencia a la significancia en la variable Cind<sub>9</sub> o disponibilidad y uso de la mano de obra ( $P < 0,10$ ). Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) mostraron un rango de 0,029 en Cind<sub>8</sub> o



tamaño familiar a 0,984 en Cind<sub>11</sub> y, por otra parte, los coeficientes de variación cambiaron de 8,7% a 87,9% en las mismas variables (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Cuadrados medios de los indicadores de sostenibilidad social del sistema vaca-ternero.**

FV	gl	Cuadrados Medios							
		Cind <sub>1</sub>	Cind <sub>2</sub>	Cind <sub>7</sub>	Cind <sub>8</sub>	Cind <sub>9</sub>	Cind <sub>11</sub>	Cind <sub>12</sub>	VistC
Grupos	2	0,00139 <sup>ns</sup>	0,00109 <sup>ns</sup>	0,00444*	0,00016 <sup>ns</sup>	0,00088 <sup>ns</sup>	0,01283**	0,00007 <sup>ns</sup>	0,03022 <sup>ns</sup>
Error	4	0,00488	0,00056	0,00037	0,00261	0,00024	0,00011	0,00003	0,00568
Toral	6	-	-	-	-	-	-	-	-
R <sup>2</sup>		0,125	0,493	0,856	0,029	0,646	0,984	0,542	0,780
CV, %		32,6	25,2	13,2	87,9	29,3	8,7	23,4	9,2

FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación; CV = coeficiente de variación; \*P<0,05; \*\*P<0,01.

Las medias ajustadas de los Cind<sub>i</sub> se comparan entre grupo de fincas en el Cuadro 8. En Cind<sub>7</sub> la mayor media ajustada se encontró en el grupo 3 con 0,1673 como grupo que recibe mayor apoyo institucional, la cual no difirió estadísticamente (P>0,05) del grupo 2, pero ambos fueron estadísticamente diferentes del grupo 1. Aunque el efecto promedio de grupos de finca no fue significativo (P>0,05), en Cind<sub>9</sub> (mayor disponibilidad y uso de la mano de obra), al comparar las medias entre grupos se encontró que el grupo 2 difirió en un 324,5% (P<0,05) con el grupo 1, pero este no difirió del grupo 3 (P>0,05).

**Cuadro 8. Indicadores de sostenibilidad social (Cind<sub>i</sub>) ajustados por mínimos cuadrados por grupo de finca del sistema vaca-ternero.**

Grupo Finca	Indicadores de sostenibilidad social*							
	Cind <sub>1</sub>	Cind <sub>2</sub>	Cind <sub>7</sub>	Cind <sub>8</sub>	Cind <sub>9</sub>	Cind <sub>11</sub>	Cind <sub>12</sub>	VistC
1	0,2500 <sup>a</sup>	0,0571 <sup>a</sup>	0,0595 <sup>b</sup>	0,0429 <sup>a</sup>	0,0143 <sup>b</sup>	0,0952 <sup>ab</sup>	0,0178 <sup>a</sup>	0,5369 <sup>b</sup>
2	0,2187 <sup>a</sup>	0,0928 <sup>a</sup>	0,1599 <sup>a</sup>	0,0589 <sup>a</sup>	0,0607 <sup>a</sup>	0,0773 <sup>ab</sup>	0,0200 <sup>a</sup>	0,6887 <sup>ab</sup>
3	0,1875 <sup>a</sup>	0,1143 <sup>a</sup>	0,1637 <sup>a</sup>	0,0643 <sup>a</sup>	0,0571 <sup>ab</sup>	0,2143 <sup>a</sup>	0,0201 <sup>a</sup>	0,8302 <sup>a</sup>

\*Medias ajustadas con la misma letra en la misma columna no difieren entre sí al 5% de probabilidad

El Grupo 3 (Cuadro 8) mostró el mayor valor de Cind<sub>11</sub> o mayor nivel académico de los hijos (0,2143), el cual fue estadísticamente diferente entre los Grupos 1 y 2 (P<0,05); sin embargo, entre estos últimos grupos la diferencia no resultó significativa (P>0,05). El indicador general de sostenibilidad social para SVT (VistC) fue mayor en el Grupo 3 (P<0,05), superando en 54,6% y en 20,5% a los Grupos 1 y 2, respectivamente. Al revisar la literatura no encontramos artículos con metodologías similares a las utilizadas en este estudio y en el Sistema Vaca-Tertero para confrontar estos resultados.



## Resultados del análisis de la información del sistema doble propósito

Las variables relativizadas por finca del SDP fueron utilizadas para el ACP y AC. Los autovalores de la matriz de correlación para el SDP se detallan en el Cuadro 9. Basado en Kim y Mueller (1978), se seleccionaron tres factores que explican el 87,5% de la varianza de los datos descritos por el factor.

**Cuadro 9. Autovalores de la matriz de correlación del sistema vaca-ternero.**

Factor	Autovalor	Proporción Varianza Acumulada
1	3,113	0,389
2	2,296	0,676
3	1,592	0,875
4	0,991	0,999
5	0,007	1,000

De los resultados del análisis factorial (componente principal), en el Factor 1 (Social) se agrupan las variables rIASOC1, rCONSOC3 y rIGBCV12 con un 42,1% de la varianza explicada. Por otra parte, el Factor 2 (Familiar) está compuesto por las variables rIMERC5, rIAPOYO7 y rTAMFAM8 con una varianza explicada de 33,5% y el Factor 3 (Educación) está compuesto por las variables rICRED6 y rIACAD11 con una varianza explicada de 24,4% (Cuadro 10). La comunalidad total fue de 7,001.

**Cuadro 10. Análisis factorial (componente principal) con las variables relativizadas y el modelo factorial de rotación del sistema doble propósito.**

Variables	Factores			Estimación Comunalidad
	Factor1	Factor2	Factor3	
rVISS1	<b>0,944</b>	-0,019	-0,326	0,998
rVISS3	<b>0,862</b>	0,355	0,350	0,992
rVISS5	0,245	<b>0,968</b>	-0,029	0,997
rVISS6	-0,098	-0,114	<b>0,655</b>	0,452
rVISS7	-0,024	<b>0,723</b>	-0,441	0,718
rVISS8	-0,305	<b>0,814</b>	0,375	0,896
rVISS11	0,485	0,213	<b>0,831</b>	0,972
rVISS12	<b>0,956</b>	-0,197	0,153	0,976
<b>Varianza</b>	2,947	2,346	1,708	<b>7,001</b>
<b>Explicada</b>	(42,1%)	(33,5%)	(24,4%)	

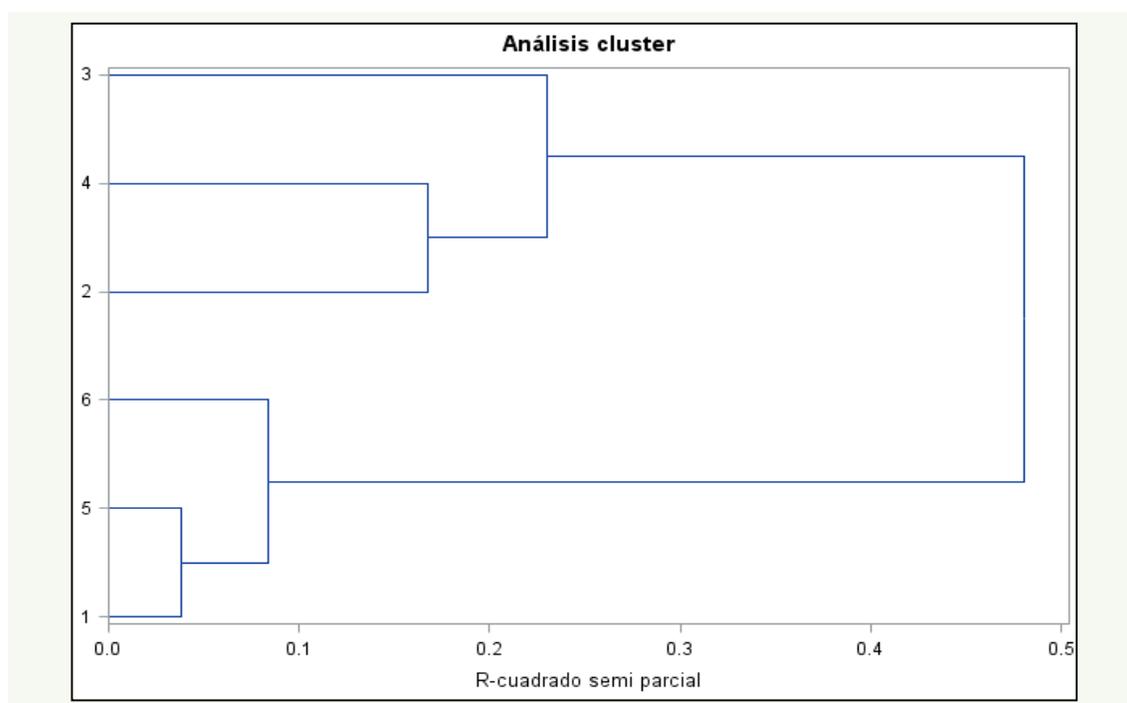
De acuerdo con el Cuadro 11 y utilizando el criterio de Ward (1963) se definieron tres conglomerados. El valor en el tercer autovalor explica el 96,4% de la varianza.



**Cuadro 11. Mínima varianza de Ward del análisis de conglomerado. Autovalores de la matriz de covarianza del sistema doble propósito.**

Factor	Autovalor	Proporción Varianza Acumulada
1	0,376	0,517
2	0,228	0,831
3	0,097	0,964
4	0,027	0,999
5	0,003	1,000

La conformación de los tres conglomerados o grupos de finca. El Grupo 1 lo representa la Finca3, mientras que el Grupo 2 lo compone las Finca1, Finca5 y Finca6. Además, el Grupo 3 está integrado por las Finca4 y Finca2 (Figura 4).



**Figura 4. Agrupamiento de fincas del sistema doble propósito de acuerdo con análisis de conglomerado.**

Este Grupo 1 (Figura 4) está representado por una sola finca (Finca3) que también es considerada como una finca “atípica” con respecto al resto de las fincas (Cuadro 12). Por otra parte, El Grupo 3 está representado por dos fincas (Finca4 y Finca 2) y presenta mayor media en la variable relativizada rIAPOYO7 (apoyo institucional) que el Grupo 2

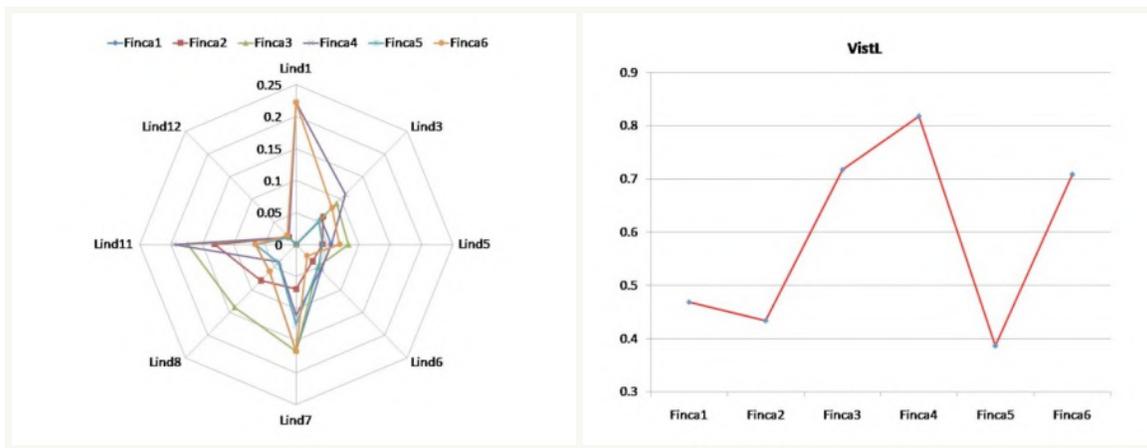


(+69,3%). Por otra parte, el Grupo 3 presentó mayor media en rIACAD11 (+158,1%, nivel académico de los hijos) y en rVISS3 (+41,5%, consenso social), con respecto al Grupo 2.

**Cuadro 12. Medias y errores estándares de la media de las variables relativizadas por grupo de fincas del sistema doble propósito.**

Variables	Grupo 1 (n=1)	Grupo 2 (n=3)	Grupo 3 (n=2)
rIASOC1	0,000±0,000	0,222±0,314	0,148±0,257
rICONSOC3	1,000±0,000	0,944±0,393	0,667±0,192
rIMERC5	0,500±0,000	0,292±0,059	0,533±0,083
rICRED6	0,444±0,000	0,417±0,118	0,389±0,147
rIAPOYO7	2,000±0,000	1,083±0,354	1,833±0,289
rITAMFAM8	0,972±0,000	0,417±0,196	0,370±0,080
rIACAD11	1,556±0,000	1,458±0,413	0,583±0,000
rIGBCV12	0,111±0,000	0,153±0,059	0,120±0,016

La Finca4 presenta los mayores indicadores de sostenibilidad social en Lind<sub>1</sub> o asociativismo (0,222), Lind<sub>3</sub> o consenso social (0,111), Lind<sub>6</sub> o acceso al crédito (0,056), Lind<sub>11</sub> (0,194), Lind<sub>12</sub> (0,028) o grado de bienestar (calidad de vida) y VistL o sostenibilidad social general para SDP (0,818). Por otra parte, la Finca5 presentó los menores valores de indicadores de sostenibilidad social en Lind<sub>1</sub> (0,000), Lind<sub>3</sub> (0,051), Lind<sub>5</sub> o acceso al mercado (0,043), Lind<sub>8</sub> o tamaño familiar (0,0397), Lind<sub>12</sub> (0,016) y VistL (0,387) (Figura 5).



**Figura 5. Indicadores de sostenibilidad social (Lind<sub>i</sub>) a la izquierda y total (VistL) a la derecha por finca del sistema doble propósito.**



El Análisis de Varianza (Cuadro 13) mostró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre grupos solamente en Lind<sub>8</sub> y Lind<sub>11</sub> con un R<sup>2</sup> y CV de 84,8% y 87,9%, y 26,9% y 22,9%, respectivamente.

**Cuadro 13. Cuadrados medios de los indicadores de sostenibilidad social (Lind<sub>i</sub>) del SDP.**

FV	gl	Cuadrados Medios								
		Lind1	Lind3	Lind5	Lind6	Lind7	Lind8	Lind11	Lind12	VistL
Grupos	2	0,0041ns	0,0006ns	0,0004ns	0,00002ns	0,0030ns	0,0029*	0,0077*	0,00002ns	0,0165ns
Error	3	0,0192	0,0006	0,0002	0,0023	0,0007	0,0003	0,0007	0,00005	0,0431
Total	5									
R <sup>2</sup>		0,125	0,369	0,634	0,043	0,746	0,848	0,879	0,295	0,204
CV, %		187,1	21,9	21,9	33,9	19,6	26,9	22,9	28,1	35,3

\* $P < 0,05$

ns = no significativo al 5% de probabilidad.

El Lind<sub>8</sub> se relaciona al “tamaño familiar” y el Grupo 1 difiere significativamente ( $P < 0,05$ ) en un 133,4% y 162,6% de los Grupos 2 y 3 (Cuadro 14), respectivamente. Por otra parte, el Lind<sub>11</sub> se refiere al “nivel académico de los hijos del productor”, siendo el valor más alto en el grupo 1, pero sin diferir ( $P > 0,05$ ) del Grupo 2; sin embargo, el Grupo 1 difiere significativamente ( $P > 0,05$ ) del Grupo 3 en un 166,7%, pero no hay diferencia significativa entre el Grupo 2 y Grupo 3 ( $P > 0,05$ ).

**Cuadro 14. Indicadores de sostenibilidad social (Cind<sub>i</sub>) ajustados por mínimos cuadrados por grupo de finca del sistema doble propósito.**

Grupos	Indicadores de sostenibilidad social del SDP*				
	Lind <sub>1</sub>	Lind <sub>3</sub>	Lind <sub>5</sub>	Lind <sub>6</sub>	Lind <sub>7</sub>
1	0,000±0,139 <sup>a</sup>	0,090±0,0251 <sup>a</sup>	0,083±0,013 <sup>a</sup>	0,049±0,015 <sup>a</sup>	0,167±0,026 <sup>a</sup>
2	0,111±0,098 <sup>a</sup>	0,086±0,0177 <sup>a</sup>	0,049±0,009 <sup>a</sup>	0,046±0,011 <sup>a</sup>	0,090±0,018 <sup>a</sup>
3	0,074±0,080 <sup>a</sup>	0,062±0,0145 <sup>a</sup>	0,056±0,007 <sup>a</sup>	0,043±0,009 <sup>a</sup>	0,153±0,015 <sup>a</sup>

\*Medias ajustadas con la misma letra en la misma columna no difieren entre sí al 5% de probabilidad.

Grupos	Indicadores de sostenibilidad social del SDP*			
	Lind <sub>8</sub>	Lind <sub>11</sub>	Lind <sub>12</sub>	VistL
1	0,139±0,0183 <sup>a</sup>	0,173±0,026 <sup>a</sup>	0,0159±0,005 <sup>a</sup>	0,718±0,208 <sup>a</sup>
2	0,059±0,0132 <sup>b</sup>	0,162±0,019 <sup>ab</sup>	0,0218±0,004 <sup>a</sup>	0,625±0,147 <sup>a</sup>
3	0,053±0,0800 <sup>b</sup>	0,065±0,015 <sup>b</sup>	0,0172±0,003 <sup>a</sup>	0,521±0,120 <sup>a</sup>

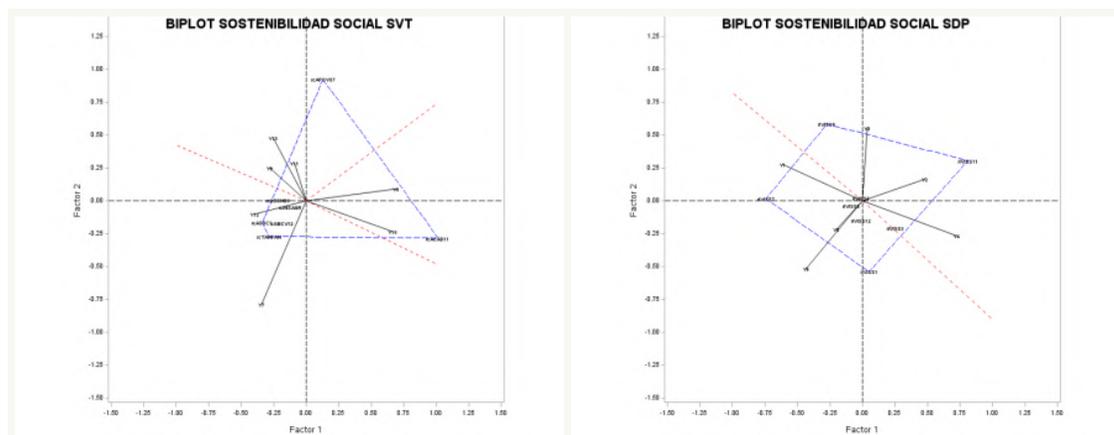
\*Medias ajustadas con la misma letra en la misma columna no difieren entre sí al 5% de probabilidad.

El análisis de componentes principales (ACP) para las variables relativizadas que componen el Kind<sub>i</sub> para el SVT y SDP se detalla en la Figura 6. Las variables Asociativismo (rcASOC1), disponibilidad de insumos agropecuarios en el área y precios (rcINSAGR2),



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

apoyo institucional (rcAPOYO7), tamaño familiar (rcTAMFAM8), disponibilidad y uso de mano de obra (rcUSOMO9), satisfacción del nivel académico por disponibilidad de centros educativos (rcACAD11) y grado de bienestar y calidad de vida (rcGBCV12) son las que explican el Cind<sub>i</sub>.



**Figura 6. Gráficas Biplot para las variables relativizadas de las fincas de los Sistemas Vaca-Ternero (SVT) y Sistema Doble Propósito (SDP).**

En esta Figura 6 para el SVT se observa que la Finca8 es la que presenta mayor estabilidad en los Cind<sub>i</sub> por su mayor valor en el Factor 1 y su cercanía al valor cero en el Factor 2. Esta Finca8 está localizada en el sector de la rcVISS7 (apoyo institucional), en donde un 71,4% de las fincas indican tener un buen apoyo institucional. Además, esta finca presentó el mayor indicador total de sostenibilidad social (VistC) con 0,894. La Finca10 se ubicó en el sector de la rcACAD11 (satisfacción del nivel académico por disponibilidad de centros educativos) y fue la segunda finca con mayor valor de VistC con 0,7667. En esta variable se encontró que el 42,9%, 71,43% y 71,4% de los ganaderos reportaron un nivel satisfactorio de educación primaria, secundaria y universitaria para sus hijos. Las fincas Finca9, Finca11 y Finca13 se ubican en el sector de la rcUSOMO9 (disponibilidad y uso de la mano de obra). El 100% de las fincas no contrata mano de obra permanente, pero el 57,1% llega a utilizar hasta tres personas como mano de obra eventual y el 42,9% los llega a contratar hasta por dos meses.



Por otra parte, en la Figura 6, para el SDP se observa que la Finca4 es la que presenta mayor estabilidad en los Cind<sub>i</sub> por su mayor valor en el Factor 1 y su cercanía al valor cero en el Factor 2. Esta Finca4 está ubicada en el sector de la rCONSOC3 (consenso social) y rIASOC1 (asociativismo), en donde un 50,0% de las fincas señalan suficiente flujo de información, una buena relación entre productores y que no existen conflictos de intereses entre ellos y otro 50,0% moderado a bajo el flujo de información, moderada a baja relación entre productores y que hay conflictos de intereses. Además, el 66,7% de los ganaderos no están asociados. Por otra parte, esta finca presentó el mayor indicador total de sostenibilidad social (VistL) con 0,818. Las Finca3 y Finca2 se ubicaron en el sector de la rcVISS11 (nivel académico de los hijos) y la Finca3 fue la segunda finca con mayor valor de VistL con 0,718. En esta variable se encontró que el 50,0% de los ganaderos sienten un nivel satisfactorio de educación primaria, secundaria y universitaria para sus hijos. Las Finca5 y Finca6 se ubican en el sector de la rVISS3 (consenso social). El 83,3% dedican entre seis a siete días a la finca, pero el 50,0% disponen de un hijo para dedicarse a la finca.

De acuerdo con los resultados de Ríos (2010), hay marcadas diferencias con los resultados del presente estudio como por ejemplos en el indicador de sostenibilidad social de las lecherías intensivas de las localidades de San Pedro de los Milagros y La Unión, Antioquia estuvo compuesto por rjCONSOC3 o consenso social en donde el 90% de los ganaderos reportaron tener buenas relaciones con los demás productores, rjAPOYO7 o apoyo institucional, el cual reporta que el 80% de los productores manifestaron tener buen compromisos con las instituciones y rjGBCV12 o grado de bienestar y calidad de vida en donde el 80% de los productores señalaron tener buena calidad de vida. Por otra parte, el 100% de los productores del estudio de Ríos (2010) manifestaron regular el acceso al crédito (rjCRED6). En el presente estudio se encontró que para rcCONSOC3 y rCONSOC3, el 100% y 50%, respectivamente, de los productores reportaron buenas relaciones entre productores, así para rcMERC5 y rIMERC5, el 28,6% y 16,7%, respectivamente, indicaron tener buen acceso y para rcASOC1 y rIASOC1 señalaron que el 7,4% y 33,3%, respectivamente, están organizados.



### Escala de evaluación de los indicadores de sostenibilidad social (VistC y VistL)

Los rangos de los indicadores de sostenibilidad social se detallan en el Cuadro 15. Los valores máximos y mínimos de VistC y VistL se obtuvieron simulando si la finca fuera altamente sostenible (sumando los máximos valores de las variables de indicadores de sostenibilidad) y si fuera altamente insostenible (sumando los mínimos valores de las variables de indicadores de sostenibilidad). Además, con estos indicadores se dio origen a los rangos de sostenibilidad social.

**Cuadro 15. Valores máximos y mínimos esperados de los indicadores de sostenibilidad social para sistema vaca-ternero y sistema doble propósito.**

Sistema Vaca-Ternero			Sistema Doble Propósito		
Indicador	Máximo	Mínimo	Indicador	Máximo	Mínimo
Cind <sub>1</sub>	0,375	0,125	Lind <sub>1</sub>	0,333	0,111
Cind <sub>2</sub>	0,171	0,057	Lind <sub>3</sub>	0,091	0,000
Cind <sub>7</sub>	0,179	0,595	Lind <sub>5</sub>	0,083	0,028
Cind <sub>8</sub>	0,150	0,043	Lind <sub>6</sub>	0,056	0,006
Cind <sub>9</sub>	0,114	0,014	Lind <sub>7</sub>	0,167	0,056
Cind <sub>11</sub>	0,214	0,095	Lind <sub>8</sub>	0,139	0,000
Cind <sub>12</sub>	0,049	0,018	Lind <sub>11</sub>	0,194	0,065
<b>VistC</b>	<b>1,253</b>	<b>0,341</b>	Lind <sub>12</sub>	0,044	0,012
			<b>VistL</b>	<b>1,107</b>	<b>0,277</b>

La escala de sostenibilidad social (Cuadro 16) se origina de los rangos de los valores de VistC y VistL (Cuadro 15). La escala propuesta se basó en dividir la amplitud del rango entre tres de manera que cada categoría de sostenibilidad social tenga la misma proporción calificativa.

Basado en la escala propuesta, la Finca8 (14,3% de las fincas) del SVT calificaría como altamente sostenible, mientras que las Finca9, Finca10, Finca11, Finca12 y Finca13 (71,5% de las fincas) califican como medianamente sostenible y la Finca7 (14,3% de las fincas) como altamente insostenible.

Para el SDP, las Finca1, Finca3 y Finca6 califican como medianamente sostenibles y las Finca2, Finca4 y Finca5 como altamente insostenibles. Existiendo la misma proporción de fincas (50,0%) en ambas categorías.



**Cuadro 16. Valores de sostenibilidad social propuestos para los sistemas vaca-ternero y sistemas doble propósito.**

Indicadores de sostenibilidad social	Sistemas de Producción		Referencia
	SVT	SDP	Ríos (2010)
Sostenible	>1,025	>1,107	>0,296
Altamente sostenible	0,797 – 1,025	0,830 – 1,107	0,296 – 0,265
Medianamente sostenible	0,569 – 0,797	0,554 – 0,830	0,265 – 0,238
Altamente insostenible	0,341 – 0,569	0,277 – 0,554	0,238 – 0,225
Insostenible	<0,341	<0,277	<0,225

Estas escalas difieren grandemente de la propuesta por Ríos (2010) para sistemas lecheros bovinos especializados. La escala de Ríos (2010) se basó en los rangos de los valores de sostenibilidad social de los conglomerados y no con los rangos mayores y menores esperados de las variables indicadoras.

Las razones por la cual las ciencias sociales no estuvieron involucradas en la conceptualización de sostenibilidad reposan en el dualismo histórico entre la ciencia social y natural y en la utilización de terminologías y métodos heterogéneos (Becker et al., 1999; citados por Janker et al., 2019). Estos estudios deben analizarse a través del enfoque de sistema para entender los fenómenos sociales complejos. El mismo fue propuesto para reducir la complejidad social de la realidad para entender las estructuras y comportamiento dentro de un sistema. Una dimensión social, a nivel de finca, es requerida para complementar los pilares existentes ambientales y económicos de la sostenibilidad en las herramientas de evaluación, estrategias y políticas de sostenibilidad para la agricultura.

## CONCLUSIONES

- El modelo de evaluación de sostenibilidad social en fincas del SVT y SDP, modificado y adaptado de la propuesta de Ríos (2010) resultó ser muy útil y versátil y es una herramienta para ser usada en gestión para la planificación, control y toma de decisiones en ambos sistemas bovinos de producción.
- Se generaron dos escalas de evaluación de la sostenibilidad social, una para el SVT y otra para el SDP, las cuales difieren de la escala propuesta por Ríos (2010) para sistemas bovinos lecheros especializados. Además, ambas escalas propuestas para



SVT y SDP también difieren entre sí ya que las variables indicadoras de sostenibilidad social no coincidieron en un 100% para ambos sistemas bovinos.

- La relativización de las variables indicadoras de sostenibilidad social permitió el adecuado análisis multivariado (ACP y AC) para el agrupamiento de variables de indicadores de sostenibilidad social y de fincas de los SVT y SDP. Con el ACP, en el SVT, se identificaron cuatro factores y resultaron tres grupos de fincas, y en el SDP se obtuvieron tres factores y tres grupos de fincas.
- Diferencias significativas entre grupos de fincas se encontraron en los indicadores de sostenibilidad social Cind<sub>7</sub> (apoyo institucional) y Cind<sub>11</sub> (satisfacción del nivel académico por disponibilidad de centros educativos) en el SVT y en los indicadores Lind<sub>8</sub> (tamaño familiar) y Lind<sub>11</sub> (satisfacción del nivel académico por disponibilidad de centros educativos) en el SDP.
- La mayoría de las fincas del SVT calificaron como medianamente sostenible, mientras que en el SDP la mitad calificó como tal. En este estudio solamente la Finca<sub>8</sub> en el SVT calificó como altamente sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADEC INNOVATIONS. 2019. What is social sustainability. American Data Exchange Company Innovations. 4p. CA, USA. [www.asg.adec.innovaciones.com/about-us/faqs/what-is-social-sustainability/](http://www.asg.adec.innovaciones.com/about-us/faqs/what-is-social-sustainability/) (consultado 4 may. 2019).
- Aldenderfer, M.S., and R.K. Blashfield. 1984. Cluster analysis. SAGE Publications, Inc. 1<sup>st</sup> Print. Beverly Hills, CA. USA. 88p.
- Alkan Olsson, J., C. Bockstaller, L. Stapleton, F. Ewert, R. Knapen, O. Therond, G. Geniaux, S. Bellon, T. Pinto Correira, N. Turpin, and I. Bezlepkina. 2009. A goal-oriented indicator framework to support integrated assessment of new policies for agri-environmental system. *Environmental Science Policy*. 12:562-572.



- Binder, C.R., G. Feola, and J.K. Steinberger. 2010. Considering the normative, systematic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. *Environmental Impact Assessment*. 30:71-81.
- Boogaard, B.K., S.J. Oosting, B.B. Bock, and J.S.C. Wiskerke. 2011. The social-cultural sustainability of livestock farming: an inquiry into social perception of dairy farming. *Animal*. 5:1458-1466.
- Carmona, F. 2014. Un ejemplo de Análisis de Componentes Principales (ACP) paso a paso. <http://www.ub.edu/stat/docencia/Mates/ejemploACP.pdf> (consultado 30 sep. 2020).
- De León-García, R.H., G. Thomas, y O. Castillo. 2018. Caracterización y tipificación de pequeñas fincas doble propósito de la provincia de Bocas del Toro-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*. 29:13-40.
- Escobar, G. 1995. Desarrollo metodológico para la aplicación del enfoque de sistema en América Latina. p. 99-109. En: *Investigación con enfoque de sistemas en la agricultura y el desarrollo rural*, editores J.A. Berdegué y E. Ramírez. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción (RIMISP). Centro Internacional e Investigación para el Desarrollo (CIID). Santiago de Chile, Chile.
- Everitt, B. 1979. Unresolved problem in cluster analysis. *Biometrics* 35:169-181.
- Gómez-Limón, J.A., and G. Sánchez-Fernández. 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economy*. 69:1062-1075.
- Gras, R. 1989. *Le fait technique en agronomie: activité agricole, concepts et méthodes d'étude*. Editions L'Harmattan, París. France.
- Google Earth. 2020. Panamá – Google My Maps. <https://www.google.com/maps/d/embed?mid=1jCP67RFnnXZxW0IGvFPDgRIIn9U&ie=UTF8&msa=0&ll=9.352868000000002...> (consultado: 24 dic. 2020).



- Hair, J.F., R.E. Henderson, R.L. Taham, and W. Black. 1998. *Multivariate data analysis*. 5<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall College Division. New York, NY. USA. 768p.
- Hammond, M. 2020. Escala de Linkert: qué es y cómo utilizarla. *Gestión de Clientes*. Lectura de 9 minutos. Hubspot. 768p. [www.blog.hubspot.es/service/escala-likert](http://www.blog.hubspot.es/service/escala-likert) (consultado 18 sep. 2020).
- Harrington, L. 1995. Sustainability in perspective: strengths and limitation of farming system research in contributing to a sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*. 5:41-59.
- Janker, J., and S. Mann. 2018. The social dimension of sustainability in agriculture. Working paper. <https://researchgate.net/publication/32263634> (consultado 4 jun. 2019).
- Janker, J., S. Mann, and S. Rist. 2019. Social sustainability in agriculture. A system-based framework. *Journal of Rural Studies*. 65:32-42.
- Johnson, R., and D. Wichern. 1998. *Applied multivariate statistical analysis*. 4<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall College Division. New York. NY. 799p.
- Kim, J.O., and C.W. Mueller. 1978. *Factor analysis. Statistical methods and practical issues*. SAGE Publications, Inc. Beverly Hills, CA. USA. 87p.
- Lebacqz, T., P.V. Baret, and D. Stilmant. 2013. Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy Sustainability Development*. 33:311-327.
- Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitude. *Archives of Psychology*. 22:140-155.
- Meul, M., F. Nevens, D. Reheul, and G. Hofman. 2007. Energy use efficiency of specialized dairy, arable and pig farm in Flanders. *Agricultural Ecosystem and Environment*. 119:135-144.



- Pannell, D.J. 1999. Social and economic challenges in the development of complex farming systems. *Agroforestry System*. 45:393-409.
- Rigby, D., P. Woodhouse, T. Young, and M. Burton. 2001. Constructing a farm level indicator of sustainable agriculture practice. *Ecological Economics*. 39:463-478.
- Ríos, G.P. 2010. Propuesta para generar indicadores de sostenibilidad en sistemas de producción agropecuaria para la toma de decisiones. Caso: Lechería especializada. M.Sc. Tesis de Graduación. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. 107p.
- Sadock, W., F. Angevin, J.E. Bergez, C. Bockstaller, B. Colomb, L. Guichard, R. Reau, and T. Doré. 2008. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. A review. *Agronomy Sustainability Development*. 28:163-174.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2<sup>nd</sup> Edition. McGraw-Hill Book Company. New York, NY. USA. 633p.
- ten Napel, J., A.A. van der Veen, S.J. Oosting, and P.W.G. Koerkamp. 2011. A conceptual approach to design livestock production systems for robustness to enhance sustainability. *Livestock Science*. 139:150-160.
- van Calker, K.J. 2005. Sustainability of Dutch Dairy farming system: a modeling approach. Dissertation, Wageningen Universiteit, Wageningen, Germany.
- van Calker, K.J., P.B.M. Berebtsen, I.J.M. de Boer, G.W.J. Giesen, and R.B.M. Huirne. 2007. Modelling worker physical health and societal sustainability at farm level: an application to conventional and organic dairy farming. *Agricultural System*. 94:205-219.
- van Cauwembergh, N., K. Biala, C. Bielders, V. Brouckaert, L. Franchois, V. García Ciudad, M. Hermy, E. Mathis, B. Muys, J. Reijnders, X. Sauvenier, J. Valckx, M.



Vanclooster, B. Van der Veken, E. Wauters, and A. Peeters. 2007. SAFE-a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agricultural Ecosystem Environment*. 120:229-242.

van der Werf, H.M.G., and J. Petit. 2002. Evaluation of the environmental impact of agricultures at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agricultural Ecosystem and Environment*. 93:131-145.

Ward, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*. 58:236-244.



## CARACTERIZACIÓN DE FINCAS PRODUCTORAS DE CAFÉ ROBUSTA EN LA PROVINCIA DE COLÓN, PANAMÁ<sup>1</sup>

**Rubén D. Collantes G.<sup>2</sup>; José A. Lezcano B.<sup>3</sup>; Liliam Marquínez B.<sup>4</sup>; Andrés Ibarra<sup>5</sup>**

### RESUMEN

Se realizó una caracterización de fincas productoras de café robusta en la provincia de Colón. Se escogieron al azar 40 fincas situadas en los distritos de Colón, Chagres y Donoso, realizando una encuesta estructurada dirigida a productores, sobre aspectos sociales, tecnológicos y económicos, relacionados al cultivo de café. Como resultado, el 82,5% de los encuestados eran varones entre 28-90 años de edad y en 72,5% de los casos participa la familia, con experiencia en el cultivo entre 3-60 años. Predominó la educación primaria con 92,5%, siendo el 65% de los encuestados capacitados en manejo del cultivo y broca. Sólo 22,5% desarrollan otras actividades, con ingreso familiar promedio de USD 401,67/mes. El 32,5% de los productores poseen título de propiedad, dado que la mayoría de fincas están en áreas protegidas. Las fincas seleccionadas sumaron 105,86 ha cultivadas con café, siendo frecuente parcelas de 1 ha. El 40% de las fincas cuenta con acueducto y electricidad y 80% tienen acceso a fuentes de agua. El 97,5% de los encuestados emplean recursos propios, con un costo promedio de USD 1083,70/ha en instalación y USD 247,80/ha en mantenimiento anual. El 40% de los productores recibió asistencia técnica y 35% de las fincas tienen café robusta mejorado. Predominó el trasplante con pilón de tierra en 67,5% y en 32,5% de los casos, el cultivo no tiene arreglo definido. El 67,5% de los productores fertilizan con productos sintéticos y/o gallinaza, con una aplicación promedio de 165 g/planta. El plátano representa la principal sombra temporal y el segundo cultivo importante; mientras que especies maderables y frutales constituyen la sombra permanente del café. El 82,5% de los encuestados reportó la broca como el principal problema fitosanitario, siendo las trampas artesanales el método de control preferido. El rendimiento promedio obtenido fue de 362,7 kg/ha, destinado para la venta a intermediarios en un 85% de los casos, a un precio promedio de USD 0,96 por kg. En conclusión, el café robusta representa un potencial de desarrollo en Colón y se recomienda hacer estudios de sostenibilidad de la actividad productiva, a mayor detalle.

**Palabras clave:** Canal, cuenca, encuesta, manejo de cultivo, pequeños productores.

<sup>1</sup>Recepción: 9 de septiembre de 2020. Aceptación: 9 de octubre de 2020. Proyecto IDIAP: Investigación e Innovación tecnológica para el manejo integrado de *Hemileia vastatrix* e *Hypothenemus hampei* para la competitividad de la cadena agroalimentaria del café.

<sup>2</sup>IDIAP, CIA Chiriquí. Ph.D. Agricultura Sustentable. e-mail: [rdcg31@hotmail.com](mailto:rdcg31@hotmail.com)

<sup>3</sup>IDIAP, CIA Chiriquí. M.Sc. Parasitología Agrícola. e-mail: [josealb53@hotmail.com](mailto:josealb53@hotmail.com)

<sup>4</sup>IDIAP, CIA Chiriquí. M.Sc. Socioeconomía Ambiental. e-mail: [marieth-0509@hotmail.com](mailto:marieth-0509@hotmail.com)

<sup>5</sup>IDIAP, CIA Recursos Genéticos. Ing. Agrónomo. e-mail: [andresibarra333@hotmail.com](mailto:andresibarra333@hotmail.com)



## CHARACTERIZATION OF ROBUSTA COFFEE FARMS IN THE PROVINCE OF COLON, PANAMA

### ABSTRACT

The aim of this work was to characterize robusta coffee farms in the Province of Colon, Panama. For this, 40 farms located in the Districts of Colon, Chagres and Donoso were randomly chosen, carrying out a structured survey directed to producers, about social, technological and economic aspects, related to coffee crop. As results, 82,5% of the respondents were males with ages between 28-90 years and in 72,5% of those cases the family participates, with experience in cultivation varying from 3 to 60 years. Primary education predominated with 92,5%, with 65% of the respondents trained in crop and coffee borer management. Only 22,5% develop other activities, with an average family income of USD 401,67/month. About 32,5% of the producers have property title, since most of the farms are in protected areas. The selected farms totaled 105,86 ha cultivated with coffee, being frequent 1 ha plots. Only 40% of the farms have an aqueduct and electricity and 80% have access to water sources. About 97,5% of the surveyed use their own resources, with average costs of USD 1083,70/ha in installation and USD 247,80/ha in annual maintenance; while 40% of the producers received technical assistance and 35% of the farms have improved robusta coffee plants. Transplantation with soil pylon predominated in 67,5% of the farms; but in 32,5% of the cases, the cultivation did not have a defined arrangement. About 67,5% of producers fertilize with synthetic products and/or chicken manure, with an average application of 165 g per plant. Plantain represents the main temporary shade and the second important crop; while timber and fruit species constitute the permanent shade of coffee. About 82,5% of the surveyed farmers reported coffee borer as the main phytosanitary problem, with crafting traps being the preferred control method. The average yield obtained was 362,7 kg/ha, destined for sale to intermediaries in 85% of the cases, at an average price of USD 0,96 per kilogram. In conclusion, coffee crop represents a potential of development in Colon and further studies about sustainability of this activity would be needed.

**Key words:** Basin, Canal, Crop Management, Small Farmers, Survey.

### INTRODUCCIÓN

El café, uno de los principales bienes exportables de Panamá, representa, de acuerdo con el MIDA (2018), 38,30 millones de Balboas de impacto económico en el país, traducidos en más de 9600 ha cultivadas en el territorio nacional, generando oportunidades de empleo locales en comunidades campesinas e indígenas.



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

En áreas sensibles como la cuenca del Canal de Panamá, el café ha ganado beligerancia, siendo una oportunidad para el desarrollo y empoderamiento de tecnologías, para pequeños productores en la provincia de Colón. Al respecto, ACP (2006), ha promovido alternativas de reforestación, que incluyen sistemas agroforestales permanentes como café bajo sombra y achote en fajas; mientras que, Pérez (2017), afirmó que el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, en alianza con IDIAP y ACP, ha realizado capacitaciones con productores, para la transferencia tecnológica, con la finalidad de fortalecer potencialidades del rubro en Colón.

La mayor parte del conocimiento generado en Panamá respecto al cultivo, versa sobre café de altura (*Coffea arabica*), por lo cual es necesario conocer los atributos propios de los agroecosistemas que incluyen como componente principal el café robusta o de bajura (*Coffea canephora*), como es el caso de Colón.

De acuerdo con Malagón y Prager (2001), la caracterización es una etapa de estudio básica, descriptiva y cualitativa, que contribuye con un mejor entendimiento del agroecosistema a intervenir.

Se caracterizaron fincas productoras de café en Ecuador, de lo cual concluyeron que, tienen producción diversificada para autoconsumo; el bajo rendimiento se relacionó con la falta de capacitación y el déficit de servicios básicos e infraestructuras, se debe a condiciones de pobreza extrema (Santistevan et al., 2014); también indicaron que, dicha situación debe ser superada a la brevedad posible, para potenciar el desarrollo del sector cafetalero local.

Por lo expuesto, el presente trabajo tuvo por objetivo caracterizar fincas productoras del cultivo de café robusta desarrollado por pequeños productores en la provincia de Colón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la provincia de Colón, República de Panamá. Se escogieron aleatoriamente 40 fincas con cultivo de café robusta, situadas en los distritos de Colón, Chagres y Donoso, los cuales fueron georreferenciados (Figura 1). Se realizó una encuesta estructurada dirigida a los productores, sobre las dimensiones social,



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

económica y técnico-ambiental; se aplicó la metodología desarrollada por Santistevan et al., (2014); Collantes et al., (2015), Collantes y Altamirano (2020). Los datos obtenidos fueron analizados con ayuda del *Software* Microsoft Excel.



**Figura 1. Área de estudio y localidades visitadas.** Fuente: Google Earth (2018).

Las variables analizadas fueron las siguientes:

**Dimensión Social:** género, nivel de instrucción, edad, experiencia en el cultivo, participación de la familia en la actividad productiva, servicios básicos disponibles.

**Dimensión Económica:** título de propiedad, área de la finca, área con café, cultivos principal y secundario, financiamiento de la actividad, costo de instalación y mantenimiento, rendimiento, destino de la producción, precio de venta, desarrollo de otras actividades económicas, ingreso familiar promedio mensual, aumento o disminución del área cultivada con café, limitantes para la producción del cultivo.

**Dimensión Técnico-Ambiental:** si la persona encuestada recibió asistencia técnica, cuenta con café robusta mejorado, si ha sido capacitado, tema de la capacitación, responsable de la capacitación, tipo de trasplante, arreglo espacial de la plantación, tipo de fertilizante empleado y dosis, sombras permanente y temporal del cultivo, plaga principal del cultivo y método de control empleado, principales necesidades para la mejora de la actividad productiva.



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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dimensión Social

De los encuestados, el 82,5% pertenecen al género masculino (Figura 2); con un 92,5% de ellos, con instrucción primaria (Figura 3), lo cual es reflejo de la necesidad de reforzar la calidad de la oferta educativa del país, tal como señaló Arcia (2019). Las edades estuvieron en el rango entre 28 y 90 años (Figura 4), con experiencia en el cultivo entre 3 y 60 años. En el 72,5% de los casos, participan varios miembros de la familia, destacando la labor de la mujer en la cosecha (Figura 5); lo cual es concordante con lo propuesto por CEPAL, FAO, ONU Mujeres, PNUD y OIT (2013), en cuanto a oportunidades igualitarias de empoderamiento familiar.

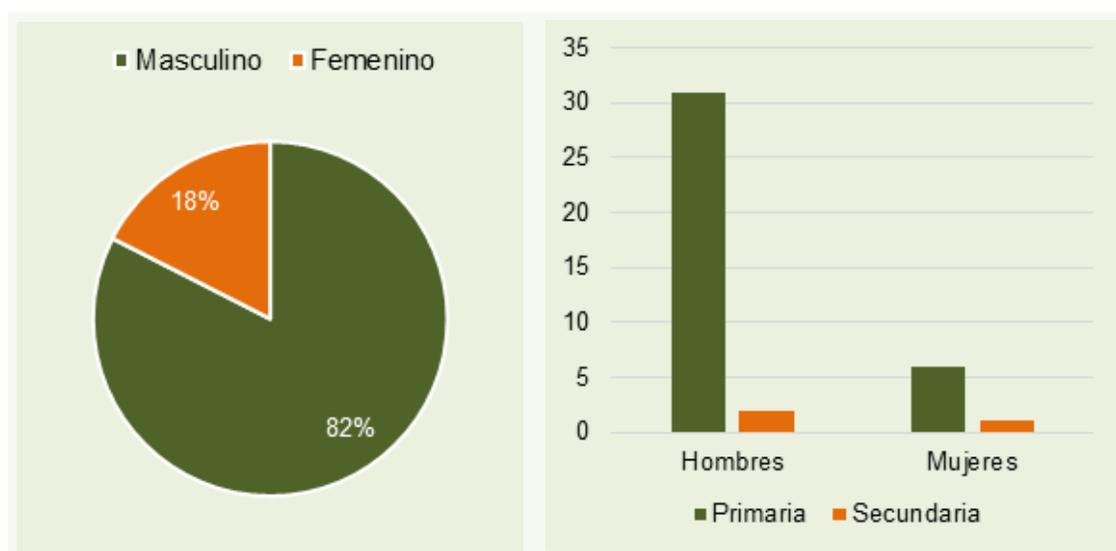
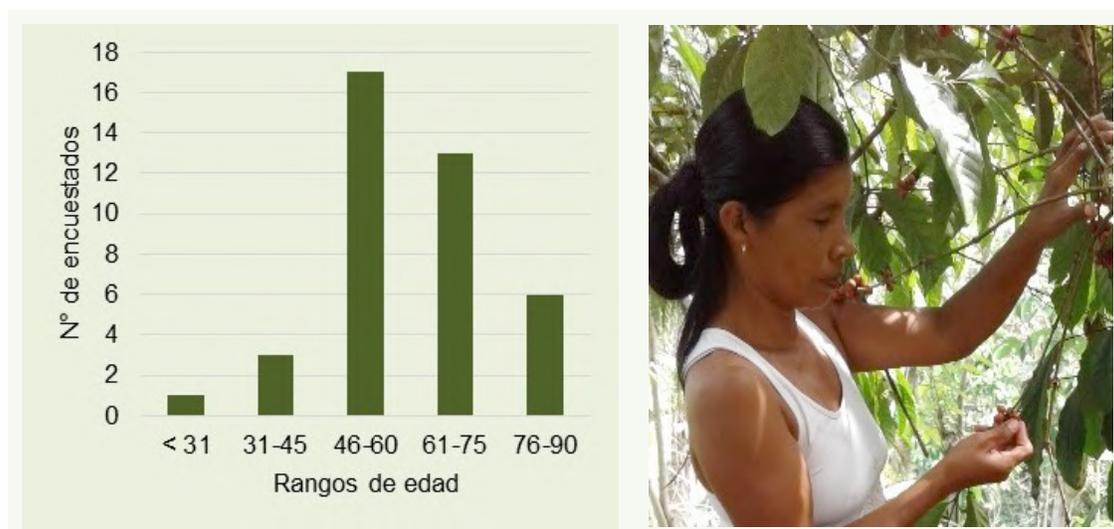


Figura 2. Género de encuestados.

Figura 3. Nivel de instrucción de encuestados.





**Figura 4. Rangos de edad de los encuestados. Figura 5. Mujer cosechando café.**

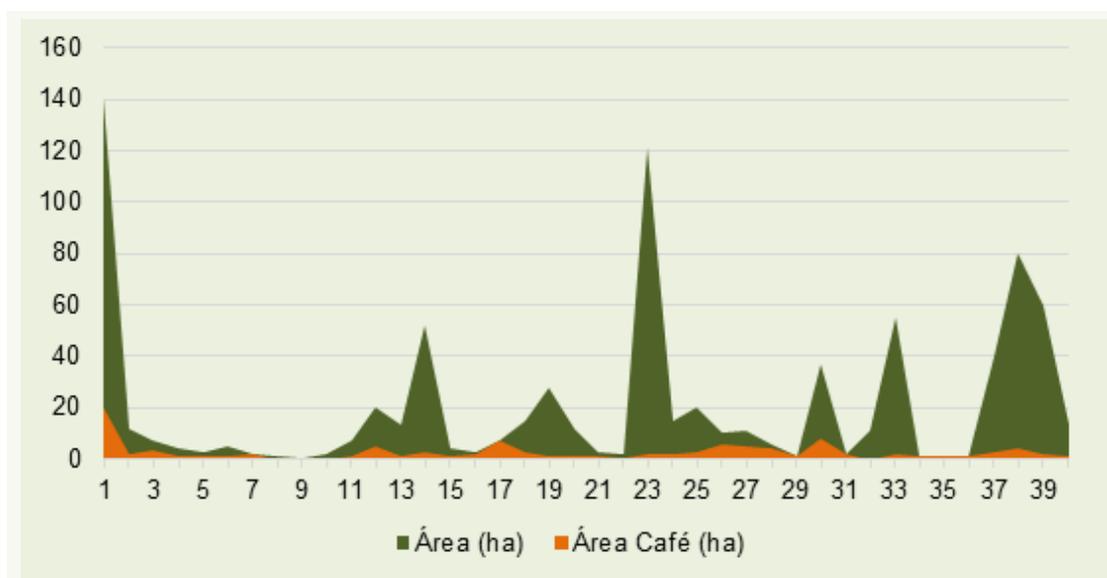
El 40% de las fincas cuenta con acueducto y electricidad, y 80% tienen acceso a agua. De acuerdo con Amat y León (2015), la calidad y acceso a servicios básicos está fuertemente vinculado al lugar de residencia del propietario de la finca, aunque existen otros factores limitantes, como recursos disponibles, vías de acceso y comunicación.

### Dimensión Económica

El 32,5% de los productores poseen título de propiedad, dado que la mayoría de fincas están en áreas protegidas, en las cuales, de acuerdo con el Artículo 10 de la Ley 80, del 31 de diciembre de 2009 en Gaceta Oficial No. 26438-B, no proceden derechos posesorios, salvo que hayan sido solicitados antes de declararse como área protegida (Asamblea Nacional, 2009).

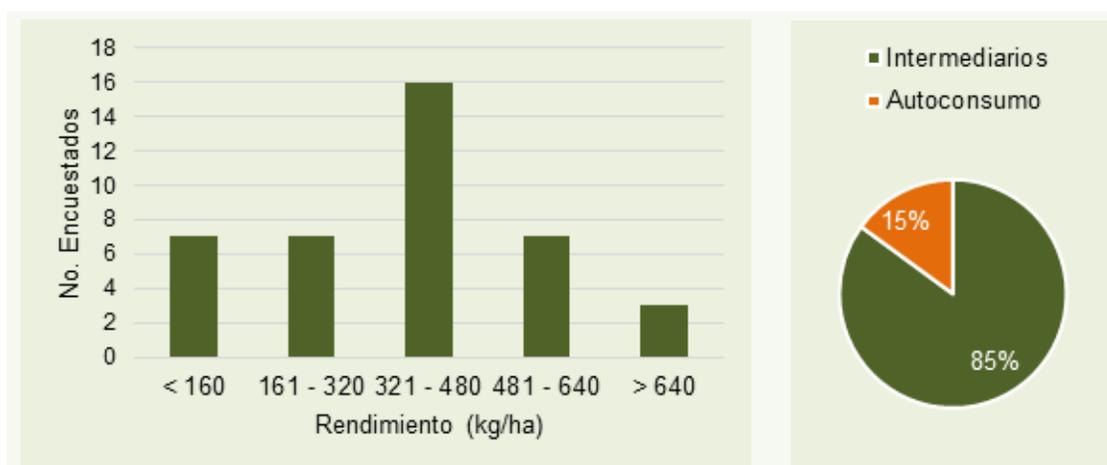
Las fincas seleccionadas sumaron 105,86 ha cultivadas con café (Figura 6), siendo frecuente parcelas de 1 ha, lo que representa el 12,79% del área total. El segundo cultivo importante es el plátano, rubro principal del 15% de los productores; además de servir como sombra temporal del café, como indicó Ábrego (2012). El 97,5% de los encuestados emplean recursos propios, con un costo promedio de USD 1083,70/ha en instalación y USD 247,80/ha en mantenimiento anual. Esto se debe a que, al no tener tierra titulada, la gestión de financiamiento es dificultosa.



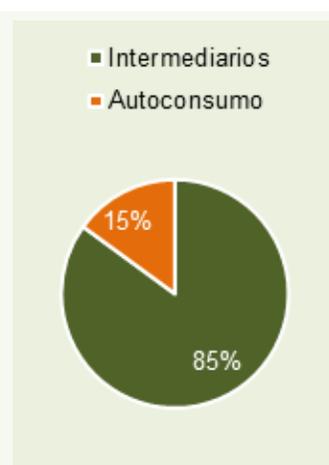


**Figura 6. Área cultivada con café en relación con el área total de las fincas.**

En cuanto al rendimiento (Figura 7), en promedio se obtuvo 362,7 kg/ha, destinado para la venta a intermediarios en un 85% de los casos, a un precio promedio de USD 0,96 por kilogramo; mientras que el 15% produce café para su propio consumo (Figura 8). Sólo el 22,5% desarrollan otras actividades productivas (Figura 9), además de la venta de café en grano; con ingreso familiar promedio de USD 401,67 por mes.

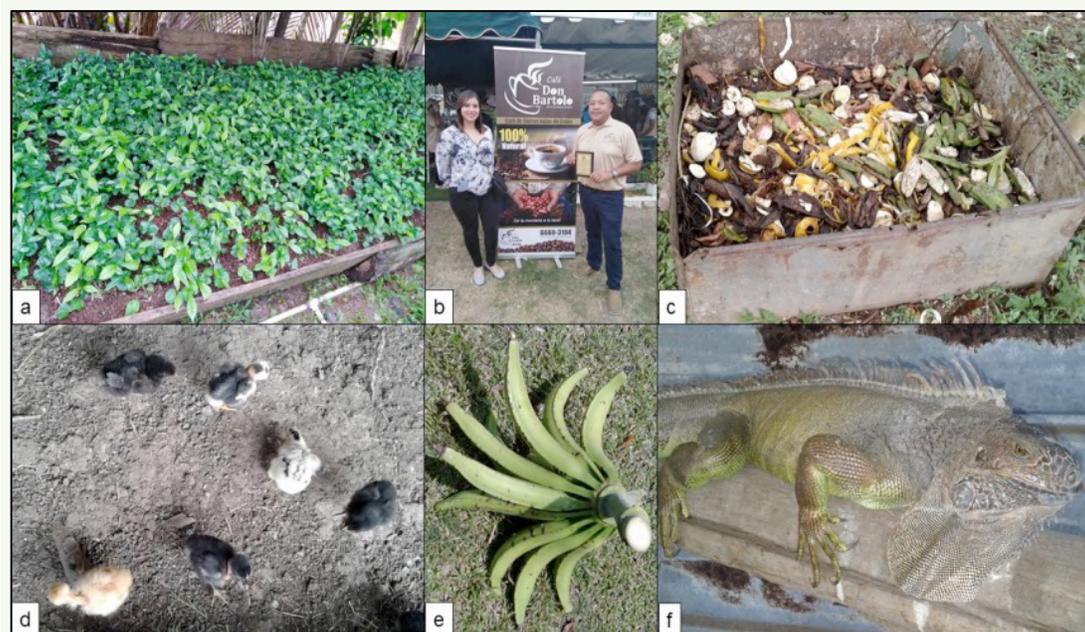


**Figura 7. Rendimiento de café robusta en Colón (kg/ha).**



**Figura 8. Destino de café.**





**Figura 9. Otras actividades desarrolladas por los productores de granos de café en Colón: a) Producción de plántones de café para la venta; b) Elaboración y promoción de productos artesanales en ferias; c) Preparación de compost; d) Crianza de aves de corral; e) Producción y venta de plátano; e) Crianza de iguana verde.**

El 52% de los productores aumentó el área cultivada con café (Figura 10), asociado con la asistencia técnica, incentivos e investigación desarrollada en la provincia (Figura 11); mientras que, el 10% ha disminuido dicha área y el 38% la han mantenido igual. La diversificación de actividades ha permitido a los productores continuar con el café, porque al no contar con mercados seguros, sumado al nivel tecnológico incipiente, escasa disponibilidad y costo de mano de obra, entre otros factores; hacen que la producción y beneficio del café en Colón se complementen con otros emprendimientos.

### **Dimensión Técnico-Ambiental**

El 40% de los productores recibió asistencia técnica y 35% de las fincas tienen café robusta mejorado. El 65% de los encuestados han sido capacitados en manejo del cultivo y broca (Figura 12). Respecto al método de trasplante, predominó el de pilón de tierra en 67,5% de los casos; mientras que, respecto al arreglo espacial en la finca, el 32,5% no tienen arreglo definido, ni tampoco homogeneidad en la edad de la plantación, siendo las plantas repuestas en la medida que se requiere. Este aspecto dificulta en parte el desarrollo

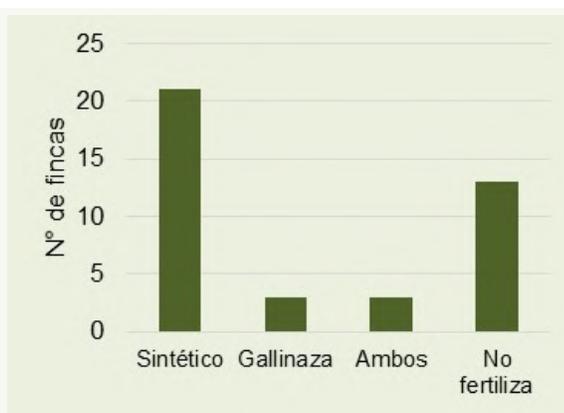
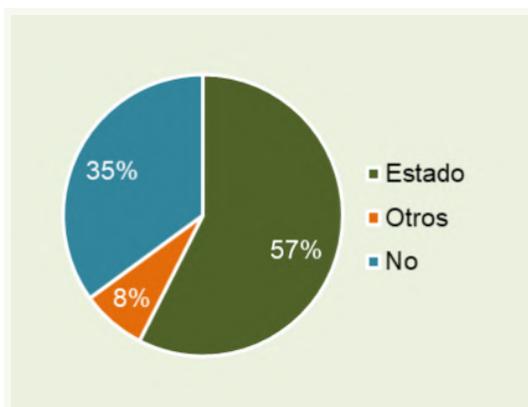


©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa)

de labores de manejo del cultivo, a lo cual Altieri y Nicholls (2010), afirmaron que, contando con un diseño de agroecosistema eficiente, se logra un aprovechamiento más adecuado y sostenible de los recursos; en este caso, el suelo.



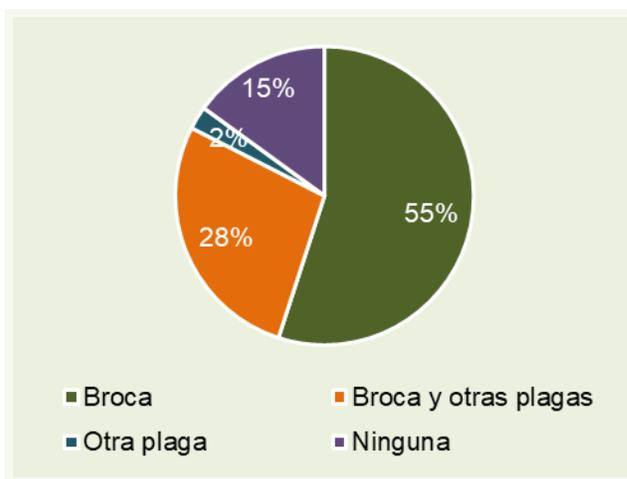
**Figura 10. Variación del área con café.** **Figura 11. Clones mejorados, IDIAP-Colón.**



**Figura 12. Responsable de capacitar.** **Figura 13. Tipo de fertilización en café.**

El 67,5% de los productores fertilizan con productos sintéticos y/o gallinaza (Figura 13), con una aplicación promedio de 165 g/planta. Esto es un reflejo de la dependencia de insumos externos del agroecosistema, lo cual es una variable de riesgo económico a considerar, de acuerdo con Sarandón et al., (2006). Además del plátano, se tiene en el agroecosistema de café, especies maderables y frutales como sombra permanente. El 82,5% de los encuestados reportó la broca como la principal plaga (Figura 14), siendo las trampas artesanales el método de control preferido (Figura 15).





**Figura 14. Principales plagas del café en Colón.**

**Figura 15. Trampa artesanal.**

Respecto a las principales necesidades por parte de los productores (Figura 16), el 30% consideran que el precio justo y acceso al mercado condicionan el desarrollo de la actividad, al punto que un encuestado indicó que deja perder la cosecha si el precio de venta no es atractivo. Por otro lado, 15% de los encuestados solicitan opciones de crédito e incentivos, 12% piden capacitación y 3% que se desarrollen más investigaciones que contribuyan con mejoras en el manejo del cultivo. Sin embargo, hay productores que han implementado mejoras tecnológicas en sus sistemas productivos y miran con actitud positiva el futuro del cultivo en la provincia (Figura 17).



**Figura 16. Principales necesidades de productores.**

**Figura 17. Secador artesanal.**



## CONCLUSIÓN

El cultivo de café robusta en la provincia de Colón, representa un potencial para el desarrollo sostenible, debido a su creciente importancia para la conservación, oportunidad de empleo local y costo productivo relativamente bajo. Sin embargo, la dependencia de insumos externos, limitantes en vías de acceso, comunicación, oferta educativa de calidad, acceso al mercado a precio justo, falta de seguimiento y capacitación, entre otros; son retos que requieren ser superados.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda organizar actividades de fomento y divulgación de los resultados obtenidos en las investigaciones desarrolladas tanto por el IDIAP como por otras entidades del sector agropecuario en la provincia de Colón, en los cuales la participación tanto de productores como de técnicos es fundamental, a fin de contar con una retroalimentación bajo un enfoque de multi criterio. Adicionalmente, es meritorio realizar un análisis de sostenibilidad del agroecosistema, a mayor profundidad, contemplando la dimensión social, económica y técnico-ambiental; a fin de generar y validar agrotecnologías pertinentes con las necesidades, demandas y aspiraciones de la sociedad panameña.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ábrego, C. 2012. Manual para la producción orgánica del café robusta. Proyecto Integral para el Desarrollo de la Costa Abajo de Colón. MIDA, R-6. 48 p. [https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/librosdigitales/PIDCAC/Manual\\_Cafe\\_Robusta/manual\\_cafe\\_robusta.pdf](https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/librosdigitales/PIDCAC/Manual_Cafe_Robusta/manual_cafe_robusta.pdf) (consultado 23 ago. 2020).
- ACP (Autoridad del Canal de Panamá, PA). 2006. Manual de reforestación: Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, Volumen 1. 31 p. <http://www.cich.org/Publicaciones/03/manual-reforestacion-vol1.pdf> (consultado 21 ago. 2020).
- Altieri, M., y C. Nicholls. 2010. Diseños Agroecológicos para Incrementar la Biodiversidad de Entomofauna Benéfica en Agroecosistemas. Primera Edición. Medellín-CO. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). 80 p. <http://multiversidad.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Disenos->



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

[Agroecologicos-para-incrementar-las-poblaciones-de-insectos-beneficos .pdf](#)

(consultado 21 ago. 2020).

Arcia, J. 2019. Sistema educativo: problema que reinicia con cada año escolar. La Estrella de Panamá: Política. Marzo 8.

<https://www.laestrella.com.pa/nacional/politica/190308/ano-sistema-problema-reinicia-educativo> (consultado 23 ago. 2020).

Amat y León, C. 2015. El Perú nuestro de cada día: Nueve ensayos para discutir y decidir. Segunda edición. Universidad del Pacífico, Lima-PE. 206 p.

Asamblea Nacional, PA. (2009). Ley 80, del 31 de diciembre de 2009: Que reconoce derechos posesorios y regula la titulación en las zonas costeras y el territorio insular con el fin de garantizar su aprovechamiento óptimo y dicta otras disposiciones. Gaceta Oficial No. 26438-B (pp. 2 – 17). [https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26438\\_B/GacetaNo\\_26438b\\_20091231.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26438_B/GacetaNo_26438b_20091231.pdf) (consulta 21 ago. 2020).

CEPAL, FAO, ONU Mujeres, PNUD, y OIT (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización de las Naciones Unidas – Mujer, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, y Organización Internacional del Trabajo). 2013. Trabajo decente e igualdad de género: Políticas para mejorar el acceso y la calidad del empleo de las mujeres en América Latina y el Caribe. Informe Regional. Primera Edición, CL. 234 p. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms\\_233161.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms_233161.pdf) (consultado 19 ago. 2020).

Collantes, R., y J. Altamirano. 2020. Fincas productoras de arándano azul en Cañete, Lima, Perú. Aporte Santiaguino 13(1): 9-25. <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.677>

Collantes, R., A. Rodríguez, y M. Canto. 2015. Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. Aporte Santiaguino 8(1): 33-44. <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n1.241>



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

Malagón, R., y M. Prager. 2001. El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 190 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12595>

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2018. Información General, Año 2017-2018. Dirección de Agricultura, Unidad de Planificación. 57 p. <https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/2017-2018cierre.pdf> (consultado 19 ago. 2020).

Pérez, N. 2017. Innovación tecnológica en Colón con uso de clones en producción de café robusta. Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, PA). <https://mida.gob.pa/blog/innovacion-tecnologica-en-colon-con-uso-de-clones-en-produccion-de-cafe-robusta/> (consultado 19 ago. 2020).

Santistevan, M., A. Julca, R. Borjas, y O. Tuesta. 2014. Caracterización de fincas cafetaleras en la localidad de Jipijapa (Manabí, Ecuador). *Ecología Aplicada* 13(2): 187-192. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.469>

Sarandón, S., M. Zuluaga, R. Cieza, C. Gómez, L. Janjetic, y E. Negrete. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas de Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 1: 19-28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14/5>

### AGRADECIMIENTOS

A los colaboradores de IDIAP – Subcentro Buena Vista, Licenciada Luisa Daniela Reina y Agrónomo Melquiades Morales; por todo el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente investigación. Al Centro de Investigación Agropecuaria Oriental, por la logística facilitada. A los productores, por el tiempo y cooperación brindados.



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

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE**  
***Akanthomyces lecanii* (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE):**  
**HIPERPARÁSITO DE *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)<sup>1</sup>**

***Gladys I. González-Dufau*<sup>2</sup>; *Julio Santamaría-Guerra*<sup>2</sup>; *Kathia Castrejon*<sup>2</sup>;**  
***Ulfredo Santo*<sup>2</sup>; *Marco Sanjur*<sup>2</sup>; *Isabel Herrera*<sup>3</sup>; *Arnulfo Monzón*<sup>3</sup>**

**RESUMEN**

Se colectaron soros de roya en cafetales con manejo orgánico hiperparasitados por un micoparásito en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB) en Panamá, el cual una vez identificado correspondió a *Akanthomyces lecanii*. Trece muestras aisladas obtenidas en las localidades de Hato Ratón (8°31'55,47"; 81°48'45,64"; 1243 msnm) y en Cerro Tula (8°24'18,17"; 81°47'5,51"; 546 msnm) se caracterizaron morfológicamente, mediante mediciones de estructuras fúngicas, ritmo de crecimiento *in vitro* y morfología de las colonias. Se observaron colonias de color blanco por el anverso y amarillo claro por el reverso; conidias elípticas-cilíndricas, las cuales presentaron un micelio flocoso y ralo de bordes regulares y blanquecinos. El número de conidios.mL<sup>-1</sup> fue en promedio de  $3,58 \times 10^{12}$ ; el ritmo de crecimiento *in vitro* tuvo un desarrollo promedio de  $41,72 \pm 0,4$  mm de diámetro a los 10 días con una tasa crecimiento diario de  $2,11 \pm 0,02$  mm. Este estudio representa, hasta donde se conoce, el primer reporte en Panamá de aislamientos de *Akanthomyces* hiperparasitando soros de roya del café, obtenidas en dos localidades de la CNB.

**Palabras claves:** Biodiversidad funcional, cepas nativas, interacciones tróficas, micoparasitismo.

<sup>1</sup>Recepción: 15 de septiembre de 2020. Aceptación: 21 de octubre de 2020. Esta investigación se realizó en el marco del Proyecto Investigación e Innovación para el Manejo Agroecológico de Plagas del Café en Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé financiado por el IDIAP.

<sup>2</sup>Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

<sup>3</sup>Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.



**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF**  
***Akanthomyces lecanii* (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE):**  
**HYPERPARASITE OF *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)**

**ABSTRACT**

Sori of coffee rust hyperparasitized by fungus were collected from organic coffee plantations in the Comarca Ngäbe Bugle Region in Panama, which once identified corresponded to *Akanthomycescf lecanii*. Thirteen isolates samples from the localities of Hato Raton (8° 31'55,47; 81° 48'45,64 "; 1243 masl) and Cerro Tula (8° 24'18,17"; 81° 47'5,51"; 546 masl) were morphologically characterized through the measurements of fungal structures, *in vitro* growth rate and morphology of the colonies. It was observed white color colonies on leaf obverse and yellow on leaf reverse; elliptic-cylindric conidia, which presented a thin and floccous mycelium with regular and whitish edges. The number of conidia.mL<sup>-1</sup> averaged  $3,58 \times 10^{12}$ ; the *in vitro* growth rate averaged  $41,72 \pm 0,4$  mm in diameter at 10 days with a daily growth rate of  $2,11 \pm 0,02$  mm. This study represents, to best of our knowledge, the first report of *Akanthomyces* isolates acting as hyperparasite of sori of coffee rust in two locations of CNB.

**Key word:** Nativestrains, functionalbiodiversity, micoparasitim, ecologicalinteractions.

**INTRODUCCIÓN**

En la Comarca Ngäbe Buglé, una parte importante de los productores cafetaleros trabajan los cultivos de forma orgánica, la cual tiene una alta demanda y un precio atractivo en el mercado internacional; sin embargo, el rendimiento es bajo. El 91% de los productores no usa fertilizantes y el 96% no usa plaguicidas. El 74% de los productores consideran que la afectación del cultivo de café por plagas es alta (Palacios et al., 2014).

La enfermedad fungosa roya del café *Hemileia vastatrix* se encuentra distribuida en las zonas cafetaleras de Centroamérica (Guharay, 2015; PROMECAFE, 2016) y fue en el año 2012, cuando se desató la epidemia de “roya anaranjada” (Avelino y Rivas, 2013; Cressey, 2013). La misma fue reportada afectando los cafetales de la Comarca Ngäbe Buglé en Panamá, desde 2013 (Palacios et al., 2014).



Se reportan hongos hiperparásitos de *H. vastratix* como *Verticillium lecanii*, *V. leptobactrum*, *V. psalliotae*, *Cladosporium hemileiae*, *Paranectria hemileiae*; los cuales se encuentran naturalmente interactuando de manera compleja con otras formas de vida en los cafetales y penetrando las hifas y esporas de la roya, degenerándolas o inhibiendo su crecimiento, por medio de secreciones, reduciendo la infección e inóculo de roya (Vandemeer et al., 2009, Jackson et al., 2012). Monzón (1992) reportó que, al ser evaluado *V. lecanii* en condiciones de invernadero, se observó actividad epifítica, que permitió al hongo en especial a concentraciones altas, parasitar las pústulas de roya que aparecieron 22 días después de la aplicación del hongo. Adicionalmente, Alavo (2015) reafirma que estos hiperparásitos han sido documentados como agente de control biológico de mildius y uredinales.

El hongo *Verticillium lecanii*, es reportado principalmente como un hongo entomopatógeno, muy importante para el control de organismos nocivos, áfidos y escamas, así como para moscas blancas *Trialeurodes vaporariorum* Westwood y *Bemisia tabaco* Gennadius (Bustillo, 1986). *Verticillium lecanii* se le conoce como *Lecanicillium lecanii*, el cual es utilizado como control biológico de plagas insectiles que afectan a diferentes cultivos y el mismo fue reportado para Panamá incidiendo parasíticamente sobre varias especies de insectos, en sistemas agrícolas de la provincia de Chiriquí (González, 2013; Castillo et al., 2013). Castillo et al., (2013) reportan la especie *L. tenuipes* afectando un insecto del orden Homoptera y de uno del orden Hemiptera en áreas libres de broca del distrito de Boquete, provincia de Chiriquí. Recientemente, Nicoletti y Becchimanzi (2020) señalan que cada vez es evidente que muchos hongos endofíticos, como *L. lecanii*, realizan varias funciones benéficas, las cuales están interconectadas a través de la relación simbiótica de sus plantas hospederas. Por otra parte, Saikkonen et al., (1998) destacan los posibles beneficios de los endófitos para sus huéspedes, los cuales incluyen mayor tolerancia a los metales pesados, mayor resistencia a la sequía, una reducida herbivoría, defensa contra patógenos y habilidad competitiva.

El género *Lecanicillium* en una revisión de Kepler et al., (2017) fue reubicado con el nuevo nombre de *Akanthomyces*, por lo que, en lo sucesivo, aquí se referirá como *Akanthomyces lecanii*.



De acuerdo a Vázquez (2005), está demostrado que para lograr éxitos en la prevención y disminución de las afectaciones por las plagas es necesario manejar el cultivo y el sistema de producción modificando el hábitat, mediante cambios tecnológicos que favorezcan la función ecológica de regulación en sistemas biodiversos complejos para la reducción de los organismos nocivos. Es por esto que la presencia de enemigos naturales que actúan como reguladores biológicos de organismos nocivos, es objeto de exploración, especialmente en agroecosistemas poco intervenidos por prácticas de la agricultura convencional productivista.

Siguiendo el enfoque de Manejo Agroecológico de Plagas que consiste en la implementación de prácticas agronómicas (suelo, cultivo y biodiversidad funcional), de conservación de enemigos naturales y lucha biológica por aumento de entomopatógenos y entomófagos (Vázquez, 2005), se realizó un diagnóstico agroecológico dinámico para comprender las funciones e interacciones ecológicas sistémicas y generar de manera participativa una estrategia de manejo agroecológico de las principales plagas que afectan la productividad y persistencia de la caficultura y contribuir a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura familiar Ngäbe Buglé (Santamaría-Guerra y González-Dufau, 2017; González-Dufau et al., 2019).

Para desarrollar un programa efectivo de manejo agroecológico es necesario el conocimiento del potencial biótico y las necesidades ecológicas de los patógenos y de sus enemigos naturales. De ahí, que este estudio tuvo como objetivo la identificación y caracterización morfológica de hiperparásitos de *H. vastatrix* aislados de muestras de hojas de café infectadas, procedentes de dos localidades de la Comarca Ngäbe Buglé.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de Entomología del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en David, Chiriquí, República de Panamá se analizaron muestras que consistieron en hojas de café con soros de roya cubiertas por un micelio blanco, colectados en las localidades bajo estudio. Siete aislados fueron colectados en la localidad de Hato Ratón (8°31'55,47"; 81°48'45,64"), seis en Cerro Tula (8° 24' 18,17"; 81°47'5,51") y fueron comparadas con un aislado de *A. lecanii* (= *L. lecanii*) colectado parasitando una larva de *Spodoptera* sp. en el cultivo de arroz, en la localidad de Barú (8° 23' 35,6"; 82° 46' 27,6").



Se realizaron diluciones seriadas a partir de colonias puras de los aislados en medio de cultivos Papa Dextrosa Agar (PDA), para la obtención de cultivo monospóricos. Posteriormente, se sembraron en sustrato PDA y se incubaron a 26°C en oscuridad. Se realizaron lecturas de los siguientes parámetros para su caracterización: medición del crecimiento micelial de las conidias, textura y coloración de la colonia por el anverso y reverso. Adicionalmente, mediante observación microscópica, se estudió el tipo de conidio, su forma y color, tamaño. Se evaluaron 50 conidios por aislado y el tamaño se midió en micras.

La identificación de las cepas aisladas se realizó de acuerdo a las características morfológicas y mediante el empleo de la clave taxonómica propuesta por Seifert et al., (2011). También, se emplearon las claves taxonómicas propuestas por Barnett y Hunter (1998) y Humber (2005).

Para la caracterización fisiológica se tomó una alícuota de la suspensión homogénea de conidias ( $10^6$  conidios.mL<sup>-1</sup>), se colocó en la ranura lateral de la cámara Neubaüer (Neubaüer improved, Marienfeld, Alemania) y se realizaron los conteos de conidios por cada aislado en estudio (French y Hebert, 1979; Leucona, 1998). El crecimiento micelial radial se determinó en placas Petri con medio PDA incubadas a 26°C en oscuridad, de los 14 aislados se realizaron cinco repeticiones. Al segundo día de haber realizado la siembra se efectuaron mediciones en diámetros perpendiculares por placa durante 10 días, con lo cual se determinó la tasa de crecimiento por aislado.

### **Análisis estadístico**

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics© y se efectuó un análisis de conglomerado jerárquico de las variables usando el método de Ward y determinar la distancia Euclídea de las variables morfométricas. Se compararon las diferencias entre los valores de diámetro de las colonias, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis a un nivel de significación de  $P < 0,0001$ . Los valores de la concentración de conidias se compararon mediante ANOVA de una vía a un nivel de significación de  $P < 0,0001$ , seguido de una prueba con el método de Student-Newman-Keul.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 14 aislados cultivados en el medio de PDA, presentaron colonias blancas con fina estructura algodonosa y de un color amarillo claro por el reverso a los 10 días. las colonias de los aislados de las tres localidades, mantuvieron la apariencia algodonosa de color blanco, y aproximadamente al tercer día se observó una elevación umbonada en el centro de la colonia, se observó más sumergida y con ligeras estrías o radiaciones, las cuales son más visibles por el reverso, el cual se torna de color crema. Estos resultados coinciden con lo planteado por Brady (1979) quien encontró que *Akanthomyces*(=*Lecanicillium*) *lecanii*, forma colonias en PDA con coloración blanca y crema en su reverso, además de poseer textura algodonosa. Las conidias presentaron formas elípticas-cilíndricas. Presentó hifas hialinas (Figura 1), con fiálides en grupos de tres (Zare y Gams, 2001). Las conidias fueron de elipsoidales a cilíndricas, emergiendo en el extremo superior de la fiálide. La dimensión de las conidias así como la identificación de cada aislado se presenta en el Cuadro 1.



**Figura 1. *Akanthomyces*. Aislado D-AI1460 a 400x.**

Las dimensiones de las conidias ( $\mu\text{m}$ ) (L  $\times$  A) fluctuaron en los rango de (1,74-3,69) $\times$ (0,9-1,76) (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con los reportados por Zarey Gams (2001) quienes indican valores fluctuantes entre 2,5 – 3,5  $\times$  1,0 – 1,5 y con los obtenidos por Romero (2020) quien reporta valores de las dimensiones de conidias de los aislados de *Lecanicillium* sp. oscilando entre (2,5-3,5) $\times$ (1,5-2,0)  $\mu\text{m}$ .



**Cuadro 1. Dimensión de las conidias e identificación de los aislados/cepas.**

Aislado	Lugar de procedencia y hospedero	Dimensión de conidias ( $\mu\text{m}$ ) (L x A, $\bar{X}$ , n = 50)	Identificación
DAI1444	Hato Ratón; Soros de Roya	1,6-3,5x 0,7-1,8, 2,61-1,16	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1445	Hato Ratón; Soros de Roya	1,5-3,5x0,8-1,5, 2,65-1,12	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1446	Hato Ratón; Soros de Roya	1,7-3,5x0,8-1,5, 2,65-1,22	<i>Akanthomyceslecanii</i>
DAI1447	Hato Ratón; Soros de Roya	1,7-3,5x0,8-1,9, 2,65-1.20	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1448	Hato Ratón; Soros de Roya	1,9-3,2x0,8-1,5, 2,55-1,19	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1449	Hato Ratón; Soros de Roya	2,0-4,0x0,7-1,8, 2,65-1,15	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1450	Hato Ratón; Soros de Roya	0,7-1,7x 1,8-3,6,2,59-1,18	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1455	Cerro Tula; Soros de Roya	2,0-4,4x0,7-1,7, 2,93-1,25	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1456	Cerro Tula; Soros de Roya	1,5-4,0x0,7-1,7, 2,77-1,23	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1457	Cerro Tula; Soros de Roya	2,0-4,1x0,8-1,8, 2,73-1,22	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1458	Cerro Tula; Soros de Roya	1,9-4,0x0,8-1,8, 2,8-1,17	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1459	Cerro Tula; Soros de Roya	1,9-4,2x0,8-1,7, 2,89-1,25	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1460	Cerro Tula; Soros de Roya	1,5-4,0x0,8-2,0, 2,88-1,32	<i>Akanthomyces lecanii</i>
RSLm205	Barú; larva de <i>Spodoptera</i> sp.	2,50-4,10x1,20-2,10, 3,39x1,61	<i>Akanthomyces muscarium</i>

Al comparar los promedios del crecimiento micelial en PDA a los 10 días (Cuadro 2), estos fueron diferentes entre sí (Kruskal Wallis  $P=0,0011$ ). La diferencia entre las cepas en cuanto a su crecimiento se expresó por el lugar de procedencia del aislado. *Akanthomyces lecanii* procedente de Hato Ratón obtuvo mayor crecimiento en promedio (42,37mm) que el promedio de los aislados de Cerro Tula (40,28 mm) y de Barú (41,43mm). Este crecimiento del hongo bajo condiciones *in vitro* es similar con lo descrito para *L. lecanii* por Domsch et al., (1980), quienes señalan que a los 33 días de incubación en medio agar malta a 20° C, las colonias de este hongo alcanzan un crecimiento promedio entre 66 mm y 72 mm de diámetro.

El análisis de conglomerado jerárquico con el método de Ward y la distancia Euclídea tuvo una correlación cofenética de 0,896 de las variables microscópicas; que reveló dos grupos: uno compuesto por el aislado RSLm205 procedente de Barú, mientras que un segundo grupo estuvo conformado por los aislados procedentes de la CNB (Figura 2), con subgrupos diferenciados (distancia 2,04) según localidades de origen, lo cual sugiere una diversidad por su origen geográfico, entre los aislados nativos estudiados.

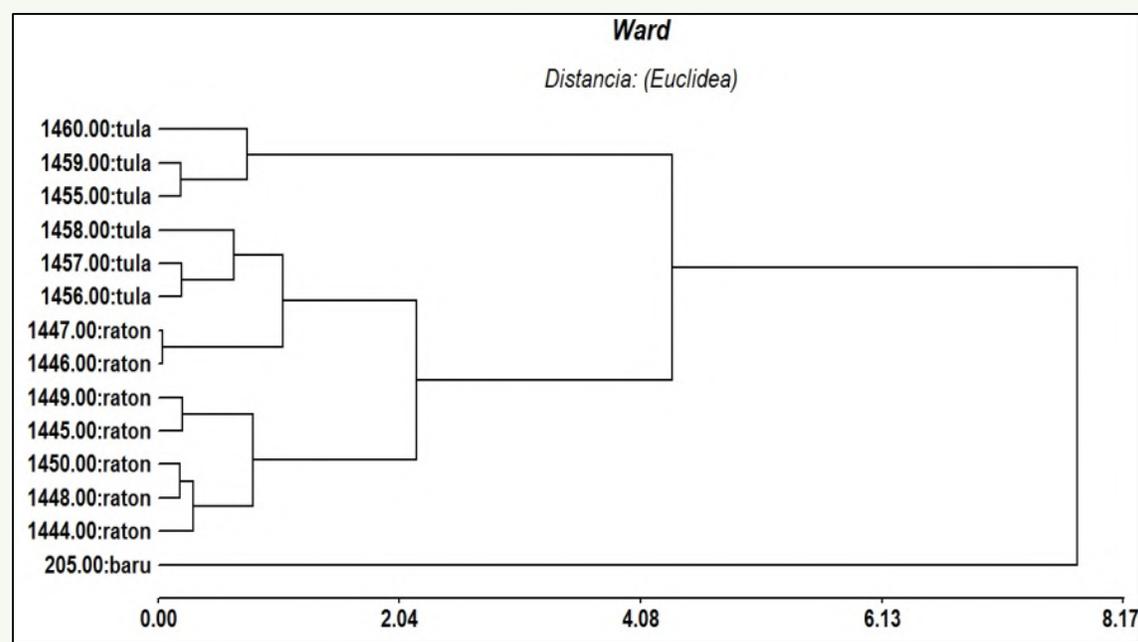


**Cuadro 2. Crecimiento micelial (mm) y concentración de conidias ( $\text{ml} \times 10^{12}$ ) en el medio PDA.**

Aislado	Concentración* de $\text{ml} \times 10^{12}$	Crecimiento micelial (mm)			CV (%)
		diámetro total**	min	max	
DAI1444	3,17±0,19 a	42,27±0,66 d e f	37,90	44,70	4,91
DAI1445	3,19 ±0,19 a	44,46±0,77 f g	39,40	47,30	5,45
DAI1446	3,28 ±0,19 a	41,02±0,58 a b c d	36,50	43,40	4,44
DAI1447	3,15 ±0,19 a	42,03±0,96 c d e f	35,40	45,10	7,25
DAI1448	3,57 ±0,19 b c d	42,04±0,71 b c d e	37,50	45,40	5,81
DAI1449	3,43 ±0,19 a b c	43,59±0,82 e f g	39,40	46,60	5,96
DAI1450	4,21 ±0,19 e	41,21±0,61 a b c d	38,20	44,50	4,70
DAI1455	3,34 ±0,19 a b c	40,37±0,65 a b	37,90	44,80	5,11
DAI1456	3,46 ±0,19 a b c	39,94±1,80 a b c d e	25,90	44,10	14,24
DAI1457	3,89 ±0,19 d e	39,12±1,60 a b c	25,20	42,30	12,90
DAI1458	4,15 ±0,19 e	38,82±1,49 a	25,70	41,70	12,10
DAI1459	4,10 ±0,19 e	41,51 ±0,18 a b c d e	40,60	42,20	1,36
DAI1460	3,66 ±0,19 c d	41,93±0,24 b c d e f	40,10	42,70	1,81
RSAm205	3,65 ±0,19 c d	41,43±0,70 a b c d e	37,30	45,20	5,35

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). ANOVA, seguida de una comparación múltiple (SNK);  $P < 0,05$ .

\*\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ). Prueba de Kruskal-Wallis,  $P < 0,05$ .



**Figura 2. Aislados de *Akanthomyces lecanii* procedentes de la CNB evaluados de acuerdo a las variables microscópicas. Correlación cofenética= 0,896.**



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

## CONCLUSIONES

- Se confirma la identidad de los aislados encontrados como pertenecientes al género *Akanthomyces*, el cual es reportado por primera vez en Panamá como hiperparásito de *H. vastatrix*, encontrado naturalmente presente en plantaciones de café orgánico de la Comarca Ngäbe Buglé.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, deben complementarse con la caracterización molecular para analizar la variabilidad genética, poblacional y geográfica de las cepas nativas. Adicional, se recomienda realizar estudios más detallados para identificar los mecanismos de acción de *Akanthomyces* y determinar si su acción es endofítica y/u otros comportamientos, son parte de interacciones tróficas complejas con otros organismos del agroecosistema del cultivo de café. También se deben realizar pruebas experimentales en invernadero y campo para evaluar la actividad hiperparasítica de las cepas nativas de *Akanthomyces lecanii* sobre *H. vastatrix* y seleccionar las más patogénicas e incluirlas en la estrategia de Manejo Agroecológico de Plagas del café en la Comarca Ngäbe Buglé.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alavo, B.C. 2015. The insect pathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and its use for pests control: A review. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 3:337-345. [http://dx.doi.org/10.18006/2015.3\(4\).337.345](http://dx.doi.org/10.18006/2015.3(4).337.345).
- Avelino, J., y G. Rivas. 2013. La roya anaranjada del cafeto. Proyecto: Control de la roya del café en Mesoamérica. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036/document> (consultado 26 mar.2018).
- Barnett, H.L., y B.B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 218 p.
- Brady, B.L., 1979. *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas. Description of pathogenic fungi and bacteria. Commonwealth Mycological Institute set-61 N°610.



- Bustillo, A.E. 1986. Evaluación del hongo *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* en el control de la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* en frijol. *Revista Colombiana de Entomología* 12(2): 26-31.
- Castillo, S., J. Bernal, J. Lezcano, M. Piepenbring, y O. Cáceres. 2013. Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia* 15(2): 29-39.
- Cressey, D. 2013. Coffee rust regains foothold. Researchers marshal technology in bid to thwart fungal outbreak in Central America. *Nature*. 493: 587. <https://doi.org/10.1038/493587a>
- Domsch, K.L., W. Gams, y T.H. Anderson. 1980. *Compendium of soils fungi*. Acad. Press, Londres y Nueva York.
- French, E.R., y T.T. Hebert. 1979. *Métodos de investigación fitopatológica*. IICA, San José, Costa Rica.
- Guharay, F.; J. Monterrey; D. Monterroso; y C. Staver. 2015. *Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Managua, Nicaragua. 2000, Serie Técnica, Manual Técnico, n. 44.
- González-Dufau, G.I. 2013. Caracterización morfológica y molecular de cepas con potencial biocontrolador. In: *Memorias del XXVI Congreso Científico de la Universidad Nacional*, 21 al 25 octubre 2013.
- González-Dufau, G.I., J. Santamaría Guerra, y J. Rojas-Meza., J. 2019. Soberanía y seguridad alimentaria y nutricional: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 80 pp. ISBN 978-962-677-47-5. <http://www.idiap.gob.pa/?wpdmdl=3944> (consultado 25 ago. 2020).



- Humber, R.A. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification. USDA-ARS. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19070510/APSwkshoprev.pdf>
- Jackson, D., J. Skillman, and J. Vandermeer. 2012. Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biological Control*, 61(1): 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.01.004>
- Kepler, R.M., J.J. Luangsa-ard, N.L. Hywel-Jones, A. Quandt, G.H. Sung, A. Stephen, and B. Shrestha. 2017. A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA FUNGUS*, 335-353. <https://doi:10.5598/imafungus.2017.0802.08>
- Leucona, R. 1998. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. 143-150. In: *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas*. Roberto Leucona Ed. Buenos Aires, Argentina. Talleres gráficos Mariano Mas.
- Monzón C., A.J. 1992. Distribución de *Verticillium* sp. en tres zonas cafetaleras de Nicaragua, y evaluación de dos aislamientos del hongo como agente de control biológico de la roya (*H. vastatrix*) del café (*Coffea arabica* L.). Tesis (M.Sc.). CATIE, Turrialba (Costa Rica), 1992.
- Nicoletti, R. and A. Becchimanzi. 2020. Endophytism of *Lecanicillium* and *Akanthomyces*. *Agriculture*10, 205; [doi:10.3390/agriculture10060205](https://doi:10.3390/agriculture10060205)
- Palacio, E., J. Santamaría-Guerra, L. Torres, E. Sánchez, y G.I. González D. 2014. Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Informe Técnico Anual. Memoria 2014. Disco compacto, 8mm.
- PROMECAFE- FWES NET. 2016. El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central. Informe Especial.



- Romero, D.S. 2020. Aislados nativos de *Lecanicillium* sp. para el manejo de la roya *Hemileia vastatrix* (Berk & Broome) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía Maestría en Sanidad Vegetal. Trabajo de tesis.
- Saikkonen, K., S.H. Faeth, M. Helander, and T.J. Sullivan. 1998. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annu. Rev. Ecol. System.* 29: 319–343.
- Seifert, K; G. Morgan-Jones, W. Gams, and B. Kendrick. 2011. The Genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands. 997 p.
- Santamaría-Guerra, J., and G.I. González-Dufau. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41:3-4, 349-365. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Vandermeer, J., I. Perfecto, and H. Liere. 2009. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathology.* 58(4): 636-641. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02067.x>
- Vázquez, L. (2005). Experiencia Cubana en el Manejo Agroecológico de Plagas en Cafeto y Avances en la Broca del Café. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57.
- Zare, R., and W. Gams. 2001. A revision of *Verticillium* sect. Prostata. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen nov. *NovaHedwigia* 73:1-50. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/71/2001/1>



## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Investigaciones Botánicas-Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y a la doctora Tina Hoffman por su apoyo en el procesamiento preliminar de los aislados obtenidos. Se agradece a los productores José Gallardo y Lorenzo Morales por compartir sus conocimientos y por la atención brindada en la colecta de muestras en sus cafetales. A los revisores por sus valiosos aportes para mejorar el documento.



## REPRODUCCIÓN DE OVINOS DE PELO EN REGIONES TROPICALES DE MÉXICO<sup>1</sup>

**Arnoldo González-Reyna<sup>2</sup>; Juan Carlos Martínez-González<sup>2</sup>;  
Javier Hernández-Meléndez<sup>2</sup>; Froylán Andrés Lucero-Magaña<sup>2</sup>;  
Sonia Patricia Castillo-Rodríguez<sup>2</sup>; José Fernando Vázquez-Armijo<sup>3</sup>;  
Gaspar Manuel Parra-Bracamonte<sup>4</sup>**

### RESUMEN

La presente revisión se realizó con el propósito de analizar y discutir la información disponible referente al comportamiento reproductivo de los ovinos de pelo en el noreste de México. Se analizaron las bases que regulan el ciclo reproductivo anual en la oveja y posteriormente se discutió el grado de estacionalidad reproductiva en ovejas criollas de lana, en razas originarias de latitudes altas y en ovejas de pelo, principalmente, Pelibuey y Blackbelly. Las ovejas criollas de lana muestran un anestro estacional corto con tendencia a ovular todo el año. Las hembras de origen septentrional, expresan actividad reproductiva estacional, similar a la observada en los individuos ubicados geográficamente en latitudes mayores a 35°. Las ovejas Pelibuey y Blackbelly muestran comportamiento reproductivo anual variable, con reducido anestro estacional o ausencia del mismo, que en algunas ocasiones se relaciona con la disponibilidad de alimento. Se sugiere que los mecanismos neuroendocrinos que regulan el anestro estacional en los ovinos, se encuentran activos en las ovejas de origen septentrional que habitan en México; de manera contraria, no se activan en ovejas criollas y de pelo.

**Palabras clave:** Reproducción, estacionalidad, ovejas de pelo, trópico.

<sup>1</sup>Recepción: 27 de enero de 2020. Aceptación: 9 de junio de 2020.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas. C.P. 87149. México. e-mail: [argonzal@uat.edu.mx](mailto:argonzal@uat.edu.mx); [jmartinez@docentes.uat.edu.mx](mailto:jmartinez@docentes.uat.edu.mx); [javherman@docentes.uat.edu.mx](mailto:javherman@docentes.uat.edu.mx); [flucero@uat.edu.mx](mailto:flucero@uat.edu.mx); [spcastillo@docentes.uat.edu.mx](mailto:spcastillo@docentes.uat.edu.mx)

<sup>3</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Carretera Toluca - Tejupilco Km. 67.5, Barrio de Santiago, 51300 Temascaltepec de González. Estado de México. C.P. 51300. México. e-mail: [jfernandova@hotmail.com](mailto:jfernandova@hotmail.com)

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica. Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza, Reynosa, Tamaulipas. C.P. 88710. México. e-mail: [gparra@ipn.mx](mailto:gparra@ipn.mx)



## REPRODUCTION OF HAIR SHEEP IN TROPICAL REGIONS OF MEXICO

### ABSTRACT

This review was conducted in order to analyze and discuss the available information concerning the seasonal breeding behavior of hair sheep in northeast of Mexico. It was analyzed the neuroendocrine basis that modulate the annual reproductive cycle in sheep and then it was discussed the degree of reproductive seasonality in Creole wool sheep, in breeds originated from high latitudes and hair sheep, mainly in Pelibuey and Blackbelly ewes. The Creole wool sheep show continuous annual reproductive activity and short seasonal anestrous. The females from northern origin express seasonal reproductive activity, similar to that observed in individuals geographically located at latitudes above 35°. Pelibuey and Blackbelly sheep show variable annual reproductive behavior with reduced anestrus or lack thereof which sometimes relates to food availability. It is suggested that the neuroendocrine mechanisms regulating seasonal anestrus in ewes, are active in the sheep from northern origin in Mexico; contrary to this, it is not activated in Creole and hair sheep.

**Key words:** Reproduction, seasonality, hair sheep, tropics.

### INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la producción ovina y caprina del país ocurre en agostaderos de zonas áridas, semiáridas o en agostaderos y terrenos agrícolas donde se aprovechan los residuos de cosechas. Sin embargo, debido a la falta de conocimiento y aplicación de los principios básicos de sostenibilidad, estas áreas representan regiones ecológicas muy frágiles, como consecuencia se presenta el sobrepastoreo, invasión de plantas indeseables, erosión y pérdida de los recursos naturales, entre otros efectos negativos.

Asimismo, uno de los factores limitantes de mayor importancia en la producción ovina es el manejo de los sistemas de producción, dentro de estos, la sostenibilidad representa un factor crítico y que en muy pocas ocasiones se cumple (Cadena-Villegas y Cortez-Romero, 2012). Además, el manejo nutricional y reproductivo de los rebaños, presentan serias limitantes para alcanzar niveles altos de productividad y eficiencia terminal (Gastelum-Delgado et al., 2015; Martínez-González et al., 2017).



Por otro lado, la producción animal en zonas climáticas difíciles, como en algunas partes de México, debería de enfocarse con estrategias de manejo para sistemas integrales, así como también debería de incluir estrategias de conservación y manejo de los recursos naturales y el medio ambiente.

Las disciplinas que rigen el sistema animal juegan papeles preponderantes para la producción eficiente, como el mejoramiento genético, reproducción, nutrición, sanidad, administración, economía, entre otras. Dichas disciplinas inciden directa e indirectamente sobre la eficiencia terminal de los sistemas de producción animal, independientemente del producto final, y algunas de ellas, como el manejo de la reproducción y la nutrición, influyen y afectan directamente la productividad y la eficiencia terminal (Hernández, 2000; Cadena-Villegas y Cortez-Romero, 2012).

Los sistemas de producción ovina de tipo extensivo, regularmente, carecen de programas de manejo, los moruecos permanecen con las ovejas durante todo el año. Lo anterior representa una limitante importante, desde el punto de vista biológico y productivo, ya que afecta tanto el comportamiento reproductivo del morueco, como el de la oveja (Franco-Guerra et al., 2012; Martínez-González et al., 2017; Améndola-Massiotti et al., 2018).

Cuando las hembras y los machos permanecen juntos, la respuesta de las ovejas al efecto macho es de menor impacto. Por otro lado, la implementación de programas de empadre cortos, en los cuales, las ovejas presentan actividad reproductiva a los pocos días de introducido el macho (Arellano-Lezama et al., 2013; Orihuela, 2014), es importante para lograr buenas tasas de parición y de destete; un componente de manejo del rebaño en éste sentido, es el de contar con empadres programados, de acuerdo a los objetivos de la unidad de producción y condiciones climáticas y de mercadeo.

En los sistemas de producción animal destinados a la producción de carne, el contar con programas de empadre es esencial, para que el productor sepa con seguridad como, cuanto y cuando va a producir, para poder preparar el mercado para esos productos. Contar con épocas de empadre definidas, la producción de corderos ocurriría en forma natural, de acuerdo a la distribución anual de las lluvias y consecuentemente la producción



de forraje; es decir, la distribución de los nacimientos durante el año dependería de la época de mayor abundancia de forraje (Améndola-Massiotti et al., 2018; Garay-Martínez et al., 2018).

El manejo de la reproducción, y en especial, el del morueco merece especial cuidado y se le debe prestar la atención necesaria para que los moruecos de un rebaño estén siempre en óptima condición corporal y bajo inspección constante; ya que, la producción de corderos y la aportación de material genético al rebaño, dependerá en un 50% de la capacidad reproductiva de los sementales. Si existe un solo macho en el rebaño, y si ese macho tuviera problemas para montar o para caminar, la producción de un ciclo completo se perdería (De la Isla et al., 2010).

Por otro lado, un programa de manejo del carnero deberá contar como componente esencial, el examen periódico de su capacidad reproductiva, ya que de ello dependerán los beneficios, observables a corto y a largo plazo (González-Garduño et al., 2010). El principal beneficio a corto plazo, es el mencionado anteriormente, es decir, la producción de corderos que permite concentrar las épocas de empadre y de pariciones (González-Reyna et al., 2003). Mientras que a largo plazo radica en el posible mejoramiento genético que ocurre en el rebaño al utilizar moruecos que hayan sido probados de alguna forma o para el carácter que se busca mejorar.

Por lo anterior, el objetivo del presente manuscrito es presentar una discusión del comportamiento reproductivo de ovejas y machos de razas de pelo y los factores que afectan dicho comportamiento.

### **Evaluaciones del comportamiento reproductivo de ovinos de pelo**

La evaluación de la productividad y la eficiencia terminal de una especie animal, incluye la determinación de parámetros biológicos, administrativos y económicos. Por lo tanto, el comportamiento reproductivo de una especie de interés económico para el hombre se basa en la determinación de parámetros de tipo productivo y depende directamente del comportamiento y producción individual de la hembra y el macho. Los cuales en conjunto permitirán determinar la productividad y rentabilidad del sistema (Hernández, 2000; González-Reyna et al., 2003; Martínez-González et al., 2017).



Además, de lo anterior, las evaluaciones de comportamiento reproductivo en la hembra y el macho, deberán de incluir evaluaciones de aptitud reproductiva (De Alba, 1985; Orihuela, 2014). La definición de comportamiento reproductivo implica la evaluación de cada uno de los componentes de la reproducción de cada oveja en particular, en resumen, del total de las ovejas en edad reproductiva. Los componentes que integran el comportamiento reproductivo en la oveja incluyen la manifestación de estro y la capacidad de quedar gestante durante la temporada de monta, la fecundidad, la tasa de ovulación y concepción, la prolificidad; una vez determinados los parámetros reproductivos, éstos se utilizan para determinar el comportamiento productivo, es decir, la tasa de corderos destetados, los pesos al nacer y al destete y al final del período de la engorda, intervalos entre partos, número y kilogramos de cordero destetado por oveja.

Para la determinación final del comportamiento productivo, será necesario ajustar todos los parámetros productivos por los porcentajes de mortalidad al nacer, destete y durante todo el ciclo productivo. Finalmente, será necesario considerar el costo de producción en la evaluación final de la productividad del sistema de producción (Watson et al., 2008). La evaluación del comportamiento reproductivo en la oveja requiere del uso y determinación de cuando menos algunos de los parámetros que se definen a continuación.

**Porcentaje de estro:** es una medida del comportamiento reproductivo de la oveja, que expresa la proporción de ovejas que muestran estro sobre el total de ovejas expuestas a morueco, en un período de tiempo determinado o época de empadre; éste se mide cuando se tienen épocas de empadre definidas y aunque muy laborioso, también se podría medir en períodos de tiempo cortos, en los casos de empadres abiertos o durante todo el año (Aké-López et al., 2014).

**Tasa de ovulación:** representa el número de óvulos liberados en cada ciclo estrual de la oveja (Aguilar et al., 2016).

**Tasa de fecundación:** es la proporción de óvulos liberados sobre el número de óvulos que fueron fecundados, cuando ocurrió la monta o la inseminación artificial (Aguilar et al., 2016).



**Porcentaje de concepción y/o gestación:** representa la proporción de ovejas que resultaron gestantes del total de ovejas que fueron expuestas a morueco y mostraron estro, durante la época de empadre; el porcentaje de gestación considera el número de servicios que cada oveja requiere para lograr quedar gestante, así como las tasas de ovulación, fecundación y concepción (Cansino-Arroyo et al., 2009).

**Porcentaje de pariciones:** es la proporción de ovejas que parieron del total que lograron quedar gestantes.

**Prolificidad:** representa el número de corderos nacidos vivos o muertos por oveja parida, además de éste término, se podría calcular el porcentaje de partos múltiples, triples, dobles, sencillos, los cuales serían similares al concepto de prolificidad (González, 1999; Martínez-Rojero et al., 2011; Aguilar et al., 2016).

**Fecundidad:** es el número de corderos nacidos vivos o muertos por oveja expuesta y como tal, representa el producto de la fertilidad y la prolificidad.

**Edad a la pubertad:** representa la edad a la que la cordera presenta su primer ciclo estrual y está apta para iniciar sus ciclos reproductivos y producir corderos si es expuesta a un morueco reproductivamente apto (Sepúlveda et al., 2001; Foster y Jackson, 2006; Roldán-Roldán et al., 2016).

**Edad al primer parto:** es la edad a la que la oveja tuvo su primera cría o crías (López-Leyva et al., 2017).

**Intervalo entre partos:** éste valor representa la frecuencia con que las ovejas presentan sus partos y es una medida de la productividad individual de la hembra y en cierta forma es un concepto similar al concepto de un ciclo productivo (Dickson et al., 2004).

**Porcentajes de mortalidad:** las evaluaciones de comportamiento productivo deberán de ser ajustados por los porcentajes de mortalidad reales de la unidad de producción o de la región y deberán de considerarse por parto, por ciclo productivo o por año; en la ausencia de dichos valores propios de la unidad de producción, se podrían utilizar valores medios



reportados en la literatura y corregirse en cuanto se cuente con los propios (Nava-López et al., 2006).

La productividad se define como la relación que existe entre los productos y los insumos de una empresa en un período de tiempo o ciclo de producción (Watson et al., 2008), implica no solo producir a bajo costo, sino también producir en cantidad suficiente para que la empresa sea rentable y con calidad y requiere la utilización de parámetros administrativos y la determinación de valores de costos de producción, rentabilidad, punto de equilibrio, relación costo-beneficio, tasa de retorno a la inversión, entre otras determinaciones económicas y administrativas (González-Reyna et al., 2003).

### **Comportamiento reproductivo en las ovejas de razas de pelo**

Existen una buena cantidad de publicaciones que resaltan las ventajas reproductivas de las ovejas de razas de Pelo, no solo para diversas regiones de México. Por ejemplo, González-Garduño et al., (2010) encontraron que el porcentaje de parición en ovejas Pelibuey sometidas a tres épocas de empadre en Chiapas, México alcanzo el 72,6%, siendo la época de otoño con el mayor porcentaje de pariciones (75,0%). De igual modo, González-Godínez et al., (2014) al analizar el número de ovejas Dorper y Katahdin que parieron en el norte de México, encontraron que los meses más productivos fueron marzo-abril con un porcentaje de parición de 70,0%. También para otras regiones tropicales de América, así lo encontraron Izaguirre et al., (2011), quienes al estudiar el comportamiento reproductivo de ovejas Pelibuey observaron que las ovejas suplementadas con hojas de leguminosas arbóreas presentaron mejores intervalos parto primer estro que las del grupo testigo. De igual modo, Montaldo et al., (2011) al analizar el comportamiento reproductivo de ovinos Poll Dorset y Suffolk bajo condiciones intensivas encontraron que las ovejas de la raza Suffolk tuvo mayores tamaños de camada al nacimiento. Por último, Hinojosa-Cuéllar y Oliva-Hernández (2009) analizaron la distribución de partos por estación en ovejas de razas de Pelo y cruces en un ambiente tropical húmedo. La frecuencia de partos fue mayor durante la época de nortes con relación a las otras épocas climáticas.

Asimismo, existen un buen número de publicaciones que presentan estadísticas sobre el comportamiento reproductivo de los ovinos de Pelo, bajo diversas situaciones de



manejo, experimentación y sistemas de producción, entre otros (Arroyo, 2011; González-Garduño et al., 2013; Orihuela, 2014).

### **Efectos de estación sobre el comportamiento reproductivo de machos y hembras:**

Los efectos de estación o de época del año sobre la reproducción se han estudiado principalmente en ovejas de razas de Lana, existen algunos estudios en ovejas de razas de pelo que servirán para ilustrar algunos ejemplos (Buratovich, 2010; Arroyo, 2011; Orihuela, 2014). En ovejas de razas de Lana, el efecto principal se ejerce sobre el establecimiento de la época de empadre, es decir, el fotoperiodo marca el principio y el fin de la época reproductiva (Chemineau, 2014; Simonetti et al., 2014; Domínguez-Rebolledo et al., 2018).

En las ovejas de razas de Pelo, se han encontrado que existen ciertas diferencias sobre el comportamiento reproductivo a través del año, la principal es que no existe un periodo de anestro propiamente marcado por el fotoperiodo, lo que significa, que éstas están sujetas a ciertos efectos estacionales de disponibilidad de forraje (Verdoljak et al., 2017; Juárez-Pérez et al., 2018). Sin embargo, existe evidencia indirecta, que indica que no es el fotoperiodo, el factor causante de esa estacionalidad; es muy posible que factores como la nutrición y manejo, sean los responsables de esa estacionalidad (Barrel et al., 2000; Backholer et al., 2010; Arroyo, 2011). Estudios sobre el comportamiento reproductivo y niveles hormonales en la oveja indican que éstos parámetros se reducen de enero a mayo, de manera similar en el carnero, los niveles hormonales también se reducen durante la misma época del año (Ramón-Ugalde y Sanginés-García, 2008).

¿Por qué le interesa todo esto al productor? La razón es sencilla, como se mencionó anteriormente, no conviene tener empadres abiertos todo el año, por diversas razones, la mejor opción, será siempre utilizar empadres cortos y distribuidos a través del año; la información anterior sobre el comportamiento reproductivo y niveles hormonales permitirá al productor determinar la mejor época de empadre, desde el punto de vista de la reproducción de las ovejas y el morueco (Simonetti et al., 2014).

En un estudio realizado por González (1999) encontró efecto de la época del año sobre el comportamiento reproductivo en ovejas de razas de Pelo bajo condiciones de



clima tropical seco (Cuadro 1), los animales se encontraban en condiciones de pastoreo (*Cynodon nlemfuensis*) y suplementación de pasto elefante de corte (*Pennisetum purpureum* Schum). Se puede observar el comportamiento reproductivo de ovejas de Pelo, días a estro, porcentaje de ovejas en estro y porcentajes de gestación. La mayor actividad reproductiva se presenta hacia el final del año. Asimismo, el tiempo que la oveja muestra estro es muy corto, de igual modo las ovejas de Pelo muestran una predisposición a la sincronización natural en la presencia del morueco.

**Cuadro 1. Efecto de época del año sobre el comportamiento reproductivo en ovejas de razas de Pelo bajo condiciones de clima tropical seco.**

Época del año	Días en empadre	Número de ovejas	Porcentaje estro (N)	Días a estro $\pm$ DE	Porcentaje gestación
Mar-Abr	40	62	68 (42)	14,6 $\pm$ 1,9	65
Mayo-Jun	40	86	70 (60)	11,5 $\pm$ 1,3	
Jul-Ago	58	89	88 (79)	9,9 $\pm$ 0,8	77
Oct-Nov	40	46	93 (43)	7,5 $\pm$ 1,7	90
Feb-Mar	29	151	66 (100)	8,3 $\pm$ 0,9	
May-Jun	31	215	59 (127)	11,5 $\pm$ 0,7	

Fuente: González, 1999.

Los resultados obtenidos en estudios recientes mostraron efectos significativos de la época de empadre sobre el comportamiento reproductivo de las ovejas Pelibuey y Blackbelly (González, 1999). Se determinaron los efectos de época del año, raza y edad de la oveja y tipo de parto sobre los días a estro, la duración de la gestación y la prolificidad. La época y la edad de la oveja afectaron los días a presentación de primer estro, mientras que la época del año y el tipo de parto afectaron la duración de la gestación.

Por otro lado, la época de empadre afectó la prolificidad. Estos resultados indican que tanto ovejas Pelibuey como Blackbelly si presentan estacionalidad en sus hábitos reproductivos (Porrás-Almeraya et al., 2003; Arroyo, 2011; Macías-Cruz et al., 2015). Arellano-Lezama et al., (2013) indicaron que la introducción del morueco induce la ovulación y no es hasta 15 días después de la introducción del morueco, cuando el 60% de las ovejas ovulan y muestran ciclos estrales de la duración esperada.

Por su parte Cansino-Arroyo et al., (2009) encontraron que las tasas de concepción, fertilidad y prolificidad fueron modificadas en ovejas de pelo que fueron alimentadas con



dietas enriquecidas con ácidos grasos polinsaturados. Por otro lado, Martínez-Rojero et al., (2011) encontraron que los porcentajes de fertilidad y prolificidad fueron modificados por las estaciones del año en ovejas Pelibuey, en el trópico seco mexicano.

Al analizar el comportamiento reproductivo de dos rebaños en el trópico seco del norte de México, González (1999) encontró efecto de la época del año y número de parto sobre el comportamiento reproductivo en ovejas de razas de Pelo (Cuadro 2), los animales se encontraban en condiciones de pastoreo (*Cynodon nlemfuensis*) y suplementación de pasto elefante de corte (*Pennisetum purpureum* Schum). Encontró que el número de crías al parto fue afectado por el número de parto.

**Cuadro 2. Efecto de época del año y número de parto sobre el número de crías en ovejas de Pelo, en unidades de producción en el Estado de Tamaulipas, México.**

Rancho Mirasol				
Época	1er. Parto	2do. Parto	3er. Parto	Medias totales
Enero-Marzo	1,30( 53)	1,46(13)	1,60( 5)	1,35( 71)
Abril-Junio	1,13( 15)	1,20( 5)	*	1,15( 20)
Julio-Septiembre	1,43( 23)	1,50(16)	2,00( 3)	1,50( 42)
Octubre-Diciembre	1,25( 51)	1,45(49)	1,45(11)	1,36(111)
Medias totales	1,29(142) <sup>b</sup>	1,45(83) <sup>a</sup>	1,58(19) <sup>a</sup>	
Rancho El Tesoro				
1	1,56( 93)	1,64(14)	*	1,57(107) <sup>a</sup>
2	1,32( 44)	*	*	1,32( 44) <sup>b</sup>
3	1,78( 9)	*	*	1,78( 9) <sup>a</sup>
4	1,47( 45)	1,63( 8)	*	1,49( 53) <sup>ab</sup>
Medias totales	1,49(191)	1,64(22)		

<sup>ab</sup> Denota diferencias ( $P < 0,05$ ); \* Sin observaciones

Fuente: González (1999).

### Los ovinos de Pelo y su implicación en los sistemas de producción en el futuro

Con el conocimiento de que los animales de razas de pelo, no difieren del sabor de los animales de lana, la demanda de estos ha ido en aumento sobre todo en aquellas regiones donde se acostumbra su consumo. Una demanda actual y futura es el establecimiento de programas de producción comercial o de investigación con razas de ovinos de Pelo. Para ello, se debe de iniciar con la planeación, organización, monitoreo y evaluación de resultados, y que finalmente se debería visualizar y operar como una empresa, en el sentido estricto de la administración agropecuaria (al menos para empresas comerciales). Estas deberán de operarse con enfoques y estrategias de sistemas integrales y sostenibles, y conservación de los recursos naturales. Así como de la



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

aplicación de programas de producción y manejo, y el uso de tecnologías de punta (Arroyo-Lezama et al., 2015), en algunas disciplinas, como la inseminación artificial intrauterina (Mellisho et al., 2006; Hidalgo et al., 2015).

El futuro de los ovinos tanto de razas de Lana, como las razas de Pelo, en México es muy promisorio, desde dos puntos de vista principales: el primero, la demanda de carne y productos ovinos ha ido a la alza en los últimos 10 años; y el segundo, el Gobierno Federal y otros organismos e instituciones educativas han tomado cartas en el asunto y ya ha iniciado acciones para el establecimiento de un Programa Nacional de Mejoramiento de los Recursos Genéticos Pecuarios y dentro de éste, el establecimiento de un Programa Nacional de Mejoramiento Ovino, los cuales vendrán a reforzar las acciones de productores interesados en aumentar su producción mediante programas de mejoramiento genético y de la producción (CONARGEN, 2010; Lucero-Magaña et al., 2011; Quintanilla-Medina et al., 2018).

Por otro lado, se han llevado a cabo un buen número de reuniones, congresos, entre otros, sobre ovinos de razas de Pelo, lo que le dan un valor agregado a estos ovinos, ya que les permiten servir como unidades experimentales para el estudio de un buen número de áreas en producción animal y medicina veterinaria; principalmente por su bajo costo de mantenimiento.

Finalmente, desde el punto de vista comercial, además del aumento en la demanda de productos ovinos, mencionada anteriormente, el establecimiento de unidades de producción comerciales de ovinos de Pelo representa una opción bastante atractiva, desde varios puntos de vista; principalmente destacan, la facilidad de manejo y adaptación a diversos sistemas de manejo y producción, eficiencia terminal alta, bajos costos de mantenimiento, los bajos requisitos de infraestructura e inversión requeridos y altos índices de retorno a la inversión, entre otros (Figueredo-Basulto e Iser, 2005; Macedo y Alvarado, 2005). Las características anteriormente mencionadas permiten a países, regiones, grupos de productores de escasos recursos, entre otros, el establecimiento de sistemas de producción con ovinos de razas de Pelo, con la seguridad de que lograrán obtener márgenes de ganancia atractivos.



## CONCLUSIONES

- Se puede concluir que el fotoperiodo es el factor ambiental primario que regula el ciclo reproductivo anual de la oveja. En México, las ovejas criollas de lana y las ovejas de Pelo, muestran un corto anestro estacional. Cuando se presenta el anestro estacional, este ocurre entre marzo y junio las ovejas de Pelo responden a los cambios anuales en la duración del fotoperiodo.
- Las ovejas de razas europeas lanares nacidas en México, expresan estacionalidad reproductiva similar a la de individuos de la misma raza que habitan o nacen en latitudes altas. Lo que indica los mecanismos neuroendocrinos clásicos que regulan el ciclo reproductivo anual en estas razas, se encuentran activos a pesar de encontrarse en una región cercana al ecuador.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, U., J. Hernández-Cerón, Y. Domínguez, y C. Galina-Gutiérrez. 2016. Tasa de ovulación, prolificidad y tasa de gestación en cabras tratadas con glicerol por vía oral. *Vet Méx OA*. 3(1):1-10.
- Aké-López, J.R., J.R. Aké-Villanueva, F.G. Centurión-Castro, y N.Y. Aké-Villanueva. 2014. Sincronización del estro y tasa de ovulación de ovejas Pelibuey tratadas con esponjas intravaginales e implantes subcutáneos nuevos y reciclados. *Bioagrocencias*. 7(1):38-42.
- Améndola-Massiotti, R.D., O. Rojas-López, J.L. Tórtora-Pérez, J.A. Burgueño-Ferreira, M. Huerta-Bravo, y A. Hernández-Garay. 2018. Estacionalidad de la alimentación bajo pastoreo en la cría ovina: estudio de una unidad de producción. *Agroproductividad*. 11(5):113-117.
- Arellano-Lezama, T., J.A. Hernández-Marín, C. Cortez-Romero, G. Morales-Terán, y J. Gallegos-Sánchez. 2013. "Efecto macho" en el manejo reproductivo de la oveja. *Agroproductividad*. 6(6):3-8.



- Arroyo, J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Trop. Subtrop. Agroecosyt.* 14(3):829-845.
- Arroyo-Ledezma, J., J. Hernández-López, N.Y. Ávila-Serrano, y M.A. Camacho-Escobar. 2015. Respuesta estral y perfil hormonal en ovejas de pelo sincronizadas con protocolos cortos a base de prostaglandinas. *Agrociencia.* 49(5):475-482.
- Backholer, K., J.T. Smith, A. Rao, A. Pereira, J. Iqbal, S. Ogawa, Q. Li, and L.J. Clarke. 2010. Kisspeptin cells in the ewe brain respond to leptin and communicate with neuropeptide Y and proopiomelanocortin cells. *Endocrinology.* 151:2233-2243.
- Barrell, G.K., L.A. Thrun, M.E. Brown, C. Viguí, and F.J. Karsch. 2000. Importance of photoperiodic signal quality to entrainment of the circannual reproductive rhythm of the ewe. *Biol Reprod.* 63:769-774.
- Buratovich, O. 2010. Eficiencia reproductiva en ovinos: factores que la afectan. Parte II: Otros factores no nutricionales. *Ganadería* 36(6):163-166.
- Cadena-Villegas, S., y C. Cortez-Romero. 2012. Aplicación de biotecnologías reproductivas para el mejoramiento genético de rebaños de ovinos. *Agroproductividad.* 5(1):105-122.
- Cansino-Arroyo, G., J. Herrera-Camacho, y J.R. Aké-López. 2009. Tasas de concepción, fertilidad y prolificidad en ovejas de pelo alimentadas con dietas enriquecidas con ácidos grasos polinsaturados. *Universidad y ciencia.* 25(2):181-185.
- Chemineau, P. 2014. El fotoperíodo y su aplicación al control de la reproducción en ovinos y caprinos. *Investig Vet.* 16(2):109-110.
- CONARGEN (Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios). 2010. Guía técnica de programas de control de producción y mejoramiento genético en ovinos. Consejo Nacional de los Recursos Genéticos Pecuarios, A.C. Monterrey, N. L.



- De Alba, J. 1985. Reproducción animal. 1era. Edición. Prensa Médica mexicana. México, D.F.
- De la Isla, H.G., J.R.L. Aké, A.B. Ayala, y A. González-Bulnes. 2010. Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Vet Méx.* 41(3):167-175.
- Dickson, L., G. Torres, R. D'Aubeterre, y O. García. 2004. Factores que influyen en el intervalo entre partos y la prolificidad de un hato de carneros Pelibuey en Venezuela. *Rev Cubana Cien Agri.* 38(1):13-17.
- Domínguez-Rebolledo, Á., L. Pinzón-López, E. Aguilar-Urquizo, J. Rivera-Lorca, y J. Ramón-Ugalde. 2018. Estacionalidad reproductiva en ovejas tropicales superovuladas. *Agroproductividad.* 11(10):133-135.
- Foster, D.L. y L. Jackson. 2006. Puberty in the sheep. In: Knobil, E., and J. D. Neill. (eds). *The Physiology of Reproduction.* 3rd Ed. Academic Press, New York. U.S.A. pp: 2127-2176.
- Figueredo-Basulto, L. y M. Iser del Toro. 2005. Los ovinos. Una producción de bajos insumos. *REDVET.* VI(9):1-19. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090905.html> (consultado 6 nov. 2008).
- Franco-Guerra, F.J., J.E. Hernández, O.A. Villareal-Espinobarros, C. Quiroz-Ruiz, J. Gallegos-Sánchez, y J.C. Camacho-Ronquillo. 2012. Variables productivas de corderos y ovejas Pelibuey inducidas al estro con hormonas exógenas y con diferentes tipos de amamantamiento. *Arch Latinoam Prod Anim.* 20(1-2):47-53.
- Garay-Martínez, J.R., S. Joaquín-Cancino, B. Estrada-Drouaillet, J.C. Martínez-González, B.M. Joaquín-Torres, A.G. Limas-Martínez, y J. Hernández-Meléndez. 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosist Recur Agropec.* 5(15):573-581.



- Gastelum-Delgado, M., L. Avendaño-Reyes, F. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, C. Meza-Herrera, M. Mellado, y U. Macías-Cruz. 2015. Conducta estral circanual en ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas del noroeste de México. *Rev Mex Cienc Pecu.* 6:109-118.
- González, R.G.A. 1999. Efecto de la época de empadre y la introducción del macho sobre el comportamiento estral, duración de la gestación y prolificidad en ovejas de Pelo. Tesis de M. C., Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- González-Garduño, R., G. Torres-Hernández, y J. Arece-García. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zootec Trop.* 28(1):51-56.
- González-Garduño, R., K. Blardony-Ricardez, J.A. Ramos-Juárez, B. Ramírez-Hernández, R. Sosa, y M. Gaona-Ponce. 2013. Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. *AIA.* 17(1):135-148.
- González-Godínez, A., J. Urrutia-Morales, y H. G. Gámez-Vázquez. 2014. Comportamiento reproductivo de ovejas Dorper y Katahdin empadradas en primavera en el norte de México. *Trop. Subtrop. Agroecosys.* 17(1):123-127.
- González-Reyna, A., M.J. Higuera-Marín, H. Hernández-Amaro, P.C. Estrada-Bellman, E. Gutiérrez-Ornelas, J. Colín-Negrete, y E.G. Cienfuegos-Rivas. 2003. Eficiencia productiva y punto de equilibrio para el costo del kilogramo de cordero al destete en ovinos de Pelo en el Noreste de México. *LRRD.* 15(12): <http://www.lrrd.org/lrrd15/12/gonz1512.htm>
- Hernández, A.H. 2000. La administración de empresas en sistemas de producción de ovinos de Pelo. Mem. Primera Jornada Técnica de Ovinocultura, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. febrero. Pp. 19-35.
- Hidalgo, G., J. Rodríguez-Márquez, R. Chango, M. Mavarez, R. Morales, M. Rodríguez, y J.A. Aranguren. 2015. Inseminación intrauterina por laparoscopia en ovejas



mestizas West African utilizando semen dorper congelado en pajuelas y pellets. Rev Cient. XXV(5):395-401.

Hinojosa-Cuéllar, J. A., y J. Oliva-Hernández. 2009. Distribución de partos por estación en ovejas de razas de pelo y cruces en un ambiente tropical húmedo. Revista Científica XIX(3):288-294.

Izaguirre, F., T. J. J. Martínez, F. J. G. O. Jiménez, C. S. Posada, C. C. G. García, y P. G. Martínez. 2011. Respuesta reproductiva y productiva de borregas Pelibuey a la suplementación con hojas de Caulote (*Guazuma ulmifolia*), Guaje (*Leucaena leucocephala*) y Yaite (*Gliricidia sepium*) en condiciones de trópico húmedo. LRRD. 23:210. <http://www.lrrd.org/lrrd23/10/izag23210.htm>

Juárez-Pérez, A., Á. Domínguez-Rebolledo, L. Pinzón-López, E. Aguilar-Urquizo, J. Rivera-Lorca, y J.P. Ramón-Ugalde. 2018. Estacionalidad reproductiva en ovejas tropicales superovuladas. Agroproductividad 11(10):133-135.

López-Leyva, Y., J. Arece-García, G. Torres-Hernández, y R. González-Garduño. 2017. Efecto del número de partos en el comportamiento productivo de ovejas Pelibuey y mestizos de Pelibuey en condiciones de producción. Past. y Forr. 40(1):73-77.

Lucero-Magaña, H., F. Briones Encinia, F. A. Lucero Magaña, J. Hernández Meléndez, S. P. Castillo Rodríguez, y J. C. Martínez González. 2011. Estrategias para incrementar la producción de carne de ovinos de pelo en la Huasteca Potosina, México. Zoot. Trop. 29(3):255-260.

Macedo, R., y A. Alvarado. 2005. Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas Pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. Arch Zootec. 54(205):51-62.

Macías-Cruz, U., T.J. Sánchez-Estrada, M.A. Gastelum-Delgado, L. Avendaño-Reyes, A. Correa-Calderón, F.D. Álvarez-Valenzuela, R. Díaz-Molina, C.A. Meza-Herrera, y



- M. Mellado. 2015. Actividad reproductiva estacional de ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas de México. Arch Med Vet. 47(3):381-386.
- Martínez-González, J.C., S.P. Castillo-Rodríguez, A. Villalobos-Cortés, y J. Hernández-Meléndez. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. Cien Agropec. 26(1):132-152.
- Martínez-Rojero, R.D., L.R. Santamaría, G. Torres-Hernández, A.A. Mastache-Lagunas, y A.C. Michel-Aceves. 2011. Evaluación de la fertilidad y prolificidad en ciclos reproductivos de ocho meses durante tres estaciones en ovejas Pelibuey en el trópico seco mexicano. Rev Cient. 21(5):383-387.
- Mellisho, S.E., H.R. Pinazo, F.L. Chauca, V.P. Cabrera, y P.V. Rivas. 2006. Inseminación intrauterina vía laparoscópica de ovejas Black Belly con semen congelado. Rev Investig Vet Perú. 17(2):131-136.
- Montaldo, H.H., C. Flores-Serrano, Y. Sulaiman, J. Osorio-Avalos, A. Ortiz-Hernández, y R.B. Angulo-Mejorada .2011. Crecimiento y comportamiento reproductivo de ovinos Poll Dorset y Suffolk bajo condiciones intensivas. Rev. Mex. Cien. Pecu. 2(4):359-369.
- Nava-López, V.M., J. Oliva-Hernández, y J.A. Hinojosa-Cuellar. 2006. Mortalidad de los ovinos de pelo en tres épocas climáticas en un rebaño comercial en la Chontalpa, Tabasco, México. Universidad y Ciencia. 22(2):119-129.
- Orihuela, T.A. 2014. La conducta sexual del carnero: Revisión. Rev Mex Cienc Pecu. 5(1):49-89.
- Porras-Almeraya, A., L.A. Zarco-Quintero, y J. Valencia-Mendez. 2003. Estacionalidad reproductiva en ovejas. Cien Vet. 9(4):1-34.
- Quintanilla-Medina, J.J., A. González-Reyna, J. Hernández-Meléndez, A.G. Limas-Martínez, A. Carreón-Pérez, y J.C. Martínez-González. 2018. Producción de ovinos



de pelo bajo condiciones de pastoreo en el noreste de México. Rev. Invest. Vet. Perú, 29(2):544-551.

Ramón-Ugalde, J.P., y J.R. Sanginés-García. 2008. Respuesta al efecto macho de primas Pelibuey en condiciones de apstoreo y suplementación en trópico. Téc Pecu Méx. 40(3):309-317.

Roldán-Roldán, A., E. García-Martínez, V. Río-Araiza, J.M. Berruecos-Villalobos, L.A. Zarco-Quintero, y J. Valencia. 2016. Edad a la pubertad en corderas pelibuey, hijas de ovejas con actividad reproductiva estacional o continua, nacidas fuera de temporada. Agrociencia. 50(4):441-448.

Sepúlveda, N.G., J. Risopatrón, J. Oberg, y A. Neumann. 2001. Suplementación pre y post parto en ovejas. Efecto sobre la pubertad y actividad reproductiva de sus hijas. Arch Med Vet. 33(1):89-96.

Simonetti, L., G.M. Lynch, y M. McCormick. 2014. Aspectos reproductivos de los carneros. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental Facultad de Ciencias Agrarias UNLZ 1(1):15-20.

Verdoljak, J.J.O., R. Vásquez, J.F. Casco, M.M. Pereira, L. Gándara, F.A. Acosta, C. Fernández-López, S.P. Castillo-Rodríguez, y J.C. Martínez-González. 2017. Protocolo de inducción de estro en ovejas de lana en anestro estacional y su comportamiento productivo. Rev Inves Vet Perú 28(4):904-910.

Watson, B.R., A. Schorr, F. Milicevic, y M.F. Seguí. 2008. Determinación de costos de producción de establecimientos agropecuarios. Estepa Magallánica Seca – prov. de Santa Cruz. Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz. Agencia de Extensión Rural Río Gallegos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. p. 6.



### **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](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa) (solicitar confirmación de lectura). La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con el editor principal de la revista. Deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector.

Los trabajos que ingresan a la revista son revisados, evaluados, que cumplan con el formato establecido (formato de revisión). Una vez ajustados al formato de la revista, son enviados a especialistas (revisión de pared) y con dos dictámenes positivos se acepta la incorporación del trabajo al índice en curso.

Aquellos trabajos que no se ajusten a las normas para autores y formato de revisión (disponibles en: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos presentados. Además, la revista provee acceso libre inmediato a su contenido en el principio de que hacer disponible gratuitamente investigaciones al público apoya a un mayor intercambio de conocimiento global.

Los trabajos deben enviarse vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa) y su envío debe incluir carta de presentación del artículo, el documento, formato de revisión, declaración de inédito, aprobación de los autores y de las instituciones participantes mencionadas en el documento.

Todos los trabajos deben incluir título, autores, resumen y palabras claves, tal como se describen en el artículo.

Los trabajos deben ser preparados en el procesador de texto Microsoft Word, en letra arial, tamaño 11, a espacio y medio. Márgenes superior e inferior de 2,5 cm (1 pulgada) e izquierdo y derecho de 3,05 cm (1,2 pulgadas) y un máximo de 25 páginas.

Los nombres científicos deben ser escritos en cursiva, mayúscula inicial para el género y la especie en minúscula; para la familia se debe escribir en regular o normal (en Word) con mayúscula inicial. Las abreviaturas y signos redactados con base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), también llamado Sistema Internacional de Medidas, usado internacionalmente y basado en el sistema métrico decimal.

Los cuadros y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas) se presentan en secuencia lógica de acuerdo al texto. Adicional, deben aparecer en archivos aparte en original y las fotos en formato JPG o TIF. El tamaño de la fuente igual que el texto en negrita. Los cuadros y leyendas de las figuras deben ser enumerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

### **Citación**

La literatura citada se basa en la norma implementada por la ASA (American Society of Agronomy) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas.

#### *Generalidades*

- Evitar el uso de referencias de datos no publicados, ya que no se encuentran con la disponibilidad para los lectores que deseen acceder a esas fuentes.
- Las referencias bibliográficas en el texto deben aparecer citadas en idioma español independiente del idioma de origen de la fuente.
- En la literatura cita las referencias deben redactarse de acuerdo con el idioma de origen de la misma.
- No se aceptan referencias bibliográficas que tengan más de diez años de antigüedad, a menos que sea indispensable o sea trabajos clásicos que mantienen su vigencia en el tiempo.
- Evitar más de tres citas para apoyar una idea o información.
- Las citas en el texto se mencionan separando con una coma el apellido del primer autor del año; si son dos autores el apellido de cada autor va separado por “y”, finalmente cuando se trata de referencias con más de dos autores, se menciona el apellido del primer autor seguido de “et al.”.

Ejemplos:

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

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

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

Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros, figuras e imágenes. Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre genérico o ingrediente activo.

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

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

Ejemplo:

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

Barreto, H. 1991.

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

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

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

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

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

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

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

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

Ejemplo:

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

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

Ejemplo:

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

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

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

Ejemplo:

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

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

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

## B. NORMAS ESPECÍFICAS

### 1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (afiliación, dirección, correo electrónico en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

- a. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
- b. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y sus dos apellidos sin abreviar y separados por un guion, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor y coautores. Indicar en el pie de página la afiliación de cada autor, Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis), dirección o correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.
- d. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
- e. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento.  
Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros y figuras.
- f. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología aplicada. Se deberá presentar los detalles necesarios para

que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.

- g. Resultados y discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible, (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada. En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, los efectos e implicaciones.
- h. Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente ordenadas. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
- i. Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomando en cuenta la normativa implementada por la ASA (American Society of Agronomy) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas y se acepta con un mínimo de 10 citas.
- k. Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

## 2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

- a. Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.
- b. Notas técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa (4) Temas de interés, científico y tecnológico. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de tres.

### **3. COMUNICACIONES CORTAS**

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Una extensión máxima de 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

### **4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS**

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

## **Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá**

La publicación de artículos es sin costo alguno, la revista es de acceso abierto.

Los trabajos que ingresan a la revista se examinan que cumplan con el formato establecido. Una vez revisado y ajustado al formato, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se incorporan al índice en curso.

La publicación de los artículos es responsabilidad de los autores, quedando la revista científica CIENCIA AGROPECUARIA sin responsabilidad legal.

Correspondencia relativa a la distribución y canje debe dirigirse a:  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)  
Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)  
Tel. (507) 976-1265/1168 fax. 976-1349  
e-mail: cidagro.idiap@idiap.gob.pa

Correspondencia relacionada al contenido editorial debe enviarse a:  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)  
CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica  
Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522  
e-mail: cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa  
Web: idiap.gob.pa  
Clayton – Ciudad del Saber  
**IDIAP. 2020. Derechos Reservados**

ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET

Texto completo

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

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

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