



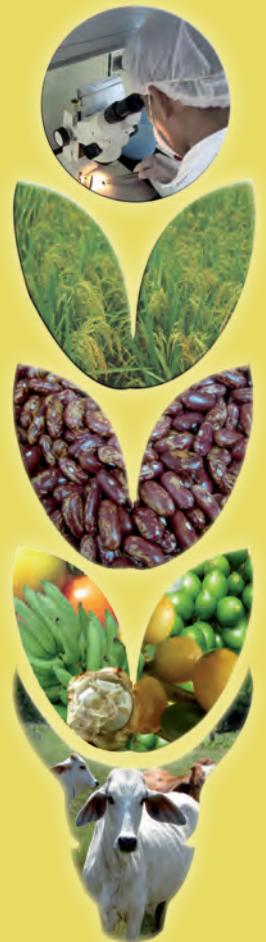
INSTITUTO DE INNOVACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 34

**PANAMÁ-2022**  
enero - junio



Ciencia Agropecuaria: revista científica/  
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.  
no. 34 (enero - junio, 2022). Panamá, PA. Semestral  
113 p.  
ISSN L 2414-3278  
1. Investigaciones Agrícolas  
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INNOVACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

---

REVISTA CIENTÍFICA N° 34

**PANAMÁ-2022**  
enero - junio

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

---

***Editor Principal***

Ismael Camargo Buitrago, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

***Editora Asociada***

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

***Consejo Editorial***

Román Gordón Mendoza, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

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

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

Axel Villalobos Córtes, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Juan C. Martínez González, Dr. Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) – México.

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

Bruno Zachrisson, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

***Diseño y Diagramación***

Gregoria del C. Hurtado Chacón Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Melkissedeth Gómez Delgado Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

***Revisión y Traducción de resúmenes***

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

---

## CONTENIDO

---

### ARTÍCULOS

---

- |       |   |
|-------|---|
| 1-22  | <b>COMPORTAMIENTO PRE-DESTETE DEL CORDERO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE EN OVEJAS DE PELO</b><br><i>Luis Eduardo Gómez-Hernández; Arnoldo González-Reina*;<br/>Pedro Zárate-Fortuna†; Benigna Faustino-Lázaro;<br/>Javier Hernández-Meléndez; Juan Carlos Martínez-González</i> |
| 23-47 | <b>MANEJO DE <i>Meloidogyne incognita</i> MEDIANTE INJERTO DE <i>Coffea arabica</i> en <i>Coffea canephora</i>, OXAMILO Y <i>Trichoderma atroviride</i></b><br><i>Esteban Sánchez-González; Jorge Muñoz</i>   |
| 48-63 | <b>ZONAS DE RECARGA HIDRÍCA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GÜERA</b><br><i>Sugey Y. Bustamante-Rodríguez; David Urriola-Escudero;<br/>Luis C. Díaz-Henríquez</i>   |
| 64-90 | <b>DINÁMICA DE NUTRIMENTOS EN EL CULTIVO DE CACAO BAJO UN SISTEMA ORGÁNICO</b><br><i>Jhon Alexander Villalaz-Pérez; José Ezequiel Villarreal-Núñez;<br/>Adolfo Santo-Pineda; Abiel Gutiérrez-Lezcano</i>  |
-

---

**NOTA TÉCNICA**

---

91-104

**ESTACIONALIDAD DE LOS PARTOS EN BÚFALOS  
(*Bufalypso*) EN EL TRÓPICO BAJO PANAMEÑO**

*Raúl H. De León-García; Salomón Abrego; Aminta Espinoza;  
Neftaly Vega; Verónica González*

---

105-113

**NORMAS PARA AUTORES**

---

## COMPORTAMIENTO PRE-DESTETE DEL CORDERO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE EN OVEJAS DE PELO<sup>1</sup>

**Luis Eduardo Gómez-Hernández<sup>2</sup>; Arnoldo González-Reyna<sup>\*2</sup>;  
Pedro Zárate-Fortuna<sup>2</sup>; Benigna Faustino-Lázaro<sup>2</sup>; Javier Hernández-Meléndez<sup>2</sup>;  
Juan Carlos Martínez-González<sup>2</sup>**

### RESUMEN

Se evaluó la producción (PL) y composición láctea (CL) y el crecimiento del cordero en ovejas de pelo, durante ocho semanas. Se utilizaron 45 ovejas, Blackbelly (n=15), Katahdin (n=15) y Pelibuey (n=15), con peso corporal promedio de  $35 \pm 3$  kg, tres años de edad y condición corporal de 3 a 4. La PL se determinó mediante el doble pesaje del cordero, antes y después de amamantar al ser separados de sus madres, y se estimó la producción de leche para 24 h. Se colectaron muestras semanales de leche y se determinó el contenido de proteína, grasa y lactosa, utilizando un equipo Lactoscan. Se registró el peso al nacimiento (PN), al destete (PD) y ganancia de peso pre-destete (GPP) de los corderos. La PL no fue diferente ( $P > 0,05$ ) entre razas, la media de PL fue de 652,8 g/día; la composición de la leche fue diferente entre razas ( $P < 0,05$ ) con medias de 5,34%, 6,03% y 3,17% para proteína, grasa y lactosa, respectivamente. La raza no afectó el PN ni el PD ( $P > 0,05$ ), pero sí afectó ( $P < 0,05$ ) la GPP (esta fue menor en corderos Blackbelly), las medias fueron 3,46 kg, 9,55 kg y 194,44 g/día. Se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) para tipo de parto (TP) y sexo, corderos sencillos y machos, tuvieron mayores PN, PD y PPG que los dobles y las hembras. Se concluye que la raza afectó la CL, el TP afectó la PL; la raza no afectó el PN ni el PD, pero sí la GPP. El TP y el sexo afectaron el PN, PD y GPP.

**Palabras clave:** Razas ovinas de pelo, peso, edad, condición corporal.

<sup>1</sup> Recepción: 30 de julio de 2021. Aceptación: 19 de octubre de 2021. Proyecto de tesis de maestría en ciencias de LEGH, MC, Ing. Agr., [lobogh@gmail.com](mailto:lobogh@gmail.com),

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario ALM, Ciudad Victoria, Tamaulipas, C. P. 87149, México, \*Autor para correspondencia. e-mails: AGR: Ph. D., [argonzal@docentes.uat.edu.mx](mailto:argonzal@docentes.uat.edu.mx), BFL: Ing. Agr., MC, [beni@gmail.com](mailto:beni@gmail.com), JHM: D.C., [javhernan@docentes.uat.edu.mx](mailto:javhernan@docentes.uat.edu.mx), JCMG: D.C., [jmartinez@docentes.uat.edu.mx](mailto:jmartinez@docentes.uat.edu.mx).



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

## PRE-WEANING LAMB PERFORMANCE, MILK PRODUCTION AND QUALITY IN HAIR SHEEP EWES

### ABSTRACT

Milk composition, production and lamb growth were determined in hair sheep ewes during eight week of lactation. The study included 45 ewes, Blackbelly (n=15), Katahdin (n=15) and Pelibuey (n=15), with a mean body weight of 35 ( $\pm$  3) kg, mean age of 3 years and a body condition score of 3-4. Milk production was estimated by the method of double weighing of the lamb, prior and after suckling, after being separated from their dams, the milk production was estimated for a period of 24 hours. Milk samples were collected weekly and analyzed for protein, fat and lactose content, using a Lactoscan apparatus. Birth weight (BW), weaning weight (WW) and pre-weaning weight gain (PWG) of lambs were recorded. Milk production was not different among breeds ( $P>0,05$ ), average milk production was 652,8 g/day, but protein, fat and lactose were different ( $P<0,05$ ) among breeds, with overall means of 5,34%, 6,03% and 3,17%, respectively. Breed of dam only affected ( $P<0,05$ ) PWG (Blackbelly lambs gained less), means for BW, WW and PWG were 3,46 kg, 9,55 kg and 194,44 g/day, respectively. In addition, single and male lambs had larger ( $P<0,05$ ) BW, WW and PWG than twin and female lambs. It is concluded that breed of dam affected milk composition and type of birth affected milk production; in addition, breed did not affect BW nor WW, but, it did affect PWG. Type of birth and sex affected BW, WW and PWG.

**Key words:** Milk production and composition, lamb performance, hair sheep breeds.

### INTRODUCCIÓN

La producción ovina en México ha tomado relevancia principalmente, para la producción de carne, la producción actual de carne ovina es de 57 mil toneladas/año; sin embargo, la producción lograda durante los últimos años y el comportamiento alcanzado en la ovinocultura, no permite cubrir la demanda nacional. Debido a dicha situación, se recurre a la importación de carne de Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Canadá, principalmente (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2012; Vázquez et al., 2011).

En México, existen aproximadamente 50 grupos raciales distribuidos en el territorio nacional (AMCO, 2010), lo que dificulta seleccionar el genotipo idóneo para cada región, sin embargo, se consideran parámetros como rusticidad, prolificidad, adaptación y resistencia y



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

sobre todo que las razas muestren una producción rentable y sustentable (González y Lucero, 2007; Hinojosa-Cuéllar et al., 2013; Vázquez et al., 2011). Los genotipos más utilizados, se consideran las razas de pelo como Pelibuey (Pb), Blackbelly (Bb), Katahdin (Kt) y Dorper (Dr), estas han desplazado algunas razas de lana y en algunos ecosistemas. Estas razas de pelo se utilizan como líneas maternas (Pb, Bb) o paternas (Kt, Dr); debido a algunos factores como precocidad, habilidad materna, fertilidad, resistencia y adaptación, los cuales permiten lograr buenos índices productivos y reproductivos, para la producción de carne (González-Reyna et al., 2020; Lucero et al., 2011; Quintanilla-Medina et al., 2018).

De los factores anteriormente mencionados, destacan, la habilidad materna y la producción de leche; factores que no han sido estudiados a fondo, de igual forma, se carece de información sobre la producción y composición láctea de estas razas de ovinos de pelo.

Resultados de algunos estudios iniciales relacionaron la producción de leche y la habilidad materna con el crecimiento del cordero en ovejas Pelibuey (González, 1977). Por otro lado, el consumo de leche de oveja en la República Mexicana es relativamente bajo, esto debido al costo de producción y a que la leche de oveja se destina para la producción de queso (Martínez, 2014); sin embargo, se han reportado lactancias de 60 a 120 días en ovejas de pelo (Chávez et al., 1995; Fonseca et al., 2008; González, 1977) y en ovejas cruzadas (Martínez, 2014).

Diversos estudios han evaluado el comportamiento productivo del cordero, aplicando o suministrando un componente adicional para acelerar el crecimiento del cordero (González, 2002; González et al., 2002; González-Reyna et al., 2020; 2021). Sin embargo, son muy pocas las sustancias exógenas permitidas por la ley para mejorar el comportamiento del cordero (Treviño, 2009), por lo que se ha optado por el suministro de otros ingredientes de la dieta, ya sea proteicos o energéticos (Ibarra et al., 2012). Sin embargo, los costos de producción se han elevado repercutiendo en la economía del productor y la eficiencia productiva de la empresa ovina (González-Reyna et al., 2011). Los principales parámetros productivos incluyen el número de corderos al parto o prolificidad (P), peso al nacimiento (PN), ganancia de peso pre-destete (GPP) y peso al destete (PD),



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

indicadores de importancia productiva y económica, que deben ser considerados para obtener una producción rentable (González-Reyna et al., 2011; 2020; 2021).

El comportamiento pre-destete del cordero, deberá complementarse con estudios subsecuentes, en la etapa destete a finalización, para poder estimar con mayor objetividad la capacidad de producción de carne de las ovejas de pelo (González, 1977; González-Reyna et al., 2011; 2021) y así cumplir el ciclo completo del cordero para abasto.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la producción y composición láctea en ovejas de razas de pelo (Pb, Bb y Kt) y el comportamiento del cordero durante la lactancia, con una alimentación basada exclusivamente en la leche materna y amamantamiento a libre acceso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización Experimental

El estudio se realizó de julio 2012 a enero 2013 en la Posta Zootécnica “Ing. Herminio García González” (La Posta), de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en el km 23 de la carretera nacional Victoria-Monterrey. La Posta se localiza geográficamente a 23° 45' 10" latitud norte y 90° 29' 05" longitud oeste, a una altitud de 145 msnm, con una temperatura media anual de 23,4 °C y una precipitación anual de 700 mm. En el verano, la temperatura asciende hasta un máximo de 45 °C y en invierno desciende a -15 °C, los vientos predominantes en verano son del sur y en invierno del norte (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2016).

### Unidades Experimentales

Se utilizaron 45 ovejas, mismas que fueron sometidas al empadre en los meses de julio-agosto del 2012, para que los nacimientos ocurrieran de diciembre 2012 a enero 2013. Las ovejas presentaron un peso de 35 ± 3 kg y una edad promedio de 3 años y una condición corporal al parto de 3 a 4 (escala de 1 para ovejas delgadas y 5 para ovejas obesas, Lucero et al., 2021). Se conformaron tres grupos de acuerdo a la raza Bb (n=15), Kt (n=15) y Pb (n=15), los cuales fueron alojados en corrales separados, con la finalidad de tener la certeza



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

del genotipo del cordero, debido a que se utilizaron sementales puros de las razas estudiadas. Los tres grupos fueron sometidos a las mismas condiciones de manejo y se alojaron en corraletas con piso de tierra, parcialmente techados. La alimentación de las ovejas consistió principalmente de cáscara fresca de naranja a libre acceso, almacenada en montones al aire libre y bajo condiciones atmosféricas, más un suplemento proteico (500 g/oveja/día) con el 16% de proteína cruda (PC) y 2,4 MCal. de energía metabolizable (EM).

### Procedimiento Experimental

Se estimó la producción de leche en ovejas de acuerdo a la raza, la cual se midió semanalmente a partir del parto y de la primera semana postparto y se continuó hasta completar ocho semanas o aproximadamente 60 días, concluyendo con el destete, en ese momento. La producción de leche se determinó mediante el método del doble pesaje del cordero (antes y después de amamantar), posterior a un retiro de los corderos de 24 horas; con la diferencia entre las pesadas se calculó la producción de leche de 24 horas (González, 1977). Asimismo, se tomaron muestras de leche semanalmente, de aproximadamente 20 ml, para determinar el contenido de proteína, grasa y lactosa, con la ayuda de un equipo Lactoscan, cuyo uso ya ha sido validado previamente (Hernández-Meléndez et al., 2015).

Los parámetros evaluados en corderos fueron el peso al nacimiento (PN), al destete (PD) y ganancia de peso pre-destete (GPP), los corderos se pesaron al nacimiento, dentro de 8 horas posteriores al parto, para ello, los grupos fueron observados de 7:00 a.m. a 9:00 a.m. y 18:00 p.m. a 20:00 p.m., con el propósito de vigilar y registrar el PN. Después del parto, los corderos fueron identificados con aretes metálicos, anotándose el tipo de parto (TP, sencillo o múltiple) y sexo del cordero, raza y número de la oveja. El peso de los corderos se realizó con una báscula digital (Multifunction Electronic Fishhook®) con una capacidad máxima de 50 kg, con mediciones de 10 g para medidas más exactas.

La ganancia de peso pre-destete (GPP) se estimó a partir de los pesos semanales de los corderos, después de una dieta de 24 horas, utilizando la siguiente fórmula (González et al., 2002; González-Reyna et al., 2011; 2020):

$$\text{Ganancia de peso pre – destete} = \frac{\text{Peso al destete} - \text{Peso al nacimiento}}{\text{Días al destete}}$$



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

El peso al nacimiento (PD) se registró a los 60 días, ajustando los pesos de acuerdo a la siguiente fórmula (González et al., 2002; González-Reyna et al., 2011; 2020):

$$PDA = \frac{\text{Peso real al destete} - \text{Peso al nacimiento}}{\text{Días al destete}} \times 60 + \text{Peso al nacimiento}$$

### Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (GLM) para determinar las diferencias existentes entre los distintos tratamientos, considerando la raza como tal, utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2003). El diseño consistió en un modelo de medidas repetidas en el tiempo, donde las variables de estudio fueron la producción y composición de leche en ovejas Bb, Kt y Pb. Además, se empleó el diseño completamente aleatorizado para las variables PN, PD y GPP, asimismo, se tomó en cuenta el efecto del TP y sexo del cordero y para la diferencia entre medias se empleó la prueba de rango de Tukey ( $P < 0,05$ , Steel y Torrie, 1980).

Los modelos estadísticos utilizados fueron los siguientes:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_{ij}(T) + S_k + (S^*T)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta (producción de leche, proteína, grasa y lactosa),  $\mu$  = Media general.  $T_i$  = Efecto del tratamiento en su nivel i.  $R_{ij}(T)$  = Efecto de la raza por efecto de la raza en su nivel i, j.  $S_k$  = Efecto de la semana en su nivel k.  $(S^*T)_{ik}$  = Efecto de la interacción S\*T al nivel i, k.  $\varepsilon_{ijk}$  = Error aleatorio, y

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

Dónde:  $Y_{ij}$  = Variable respuesta (PN, GPP y PDA).  $\mu$  = Media general.  $R_i$  = Efecto de la raza en su nivel i.  $\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta información sobre la producción y calidad de la leche de ovejas de las razas Bb, Pb y Kt, bajo estabulación y alimentadas con cáscara fresca de naranja y suplemento proteico y el comportamiento de los corderos, del nacimiento al destete. No se encontraron efectos significativos de raza y sexo del cordero sobre la producción media y total de leche; solamente se encontraron efectos del TP y edad de la oveja, también; se encontraron efectos significativos de la raza sobre el contenido de grasa y proteína. La raza

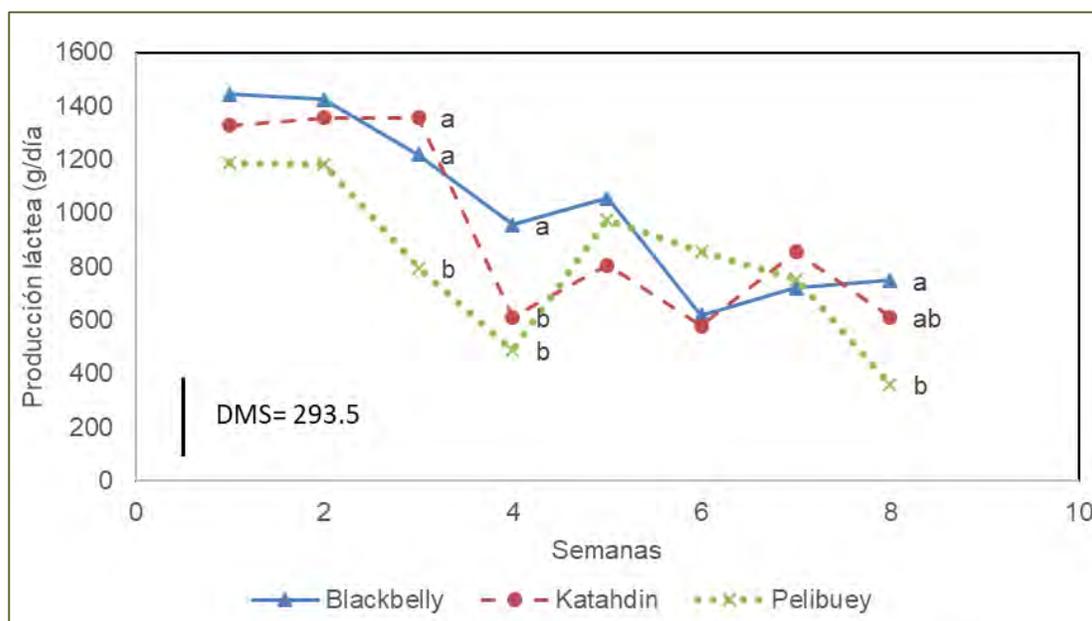


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

no afectó el PN ni el PD, la GPP total fue menor en los corderos BB; sin embargo, si se observaron efectos significativos de TP y sexo del cordero, sobre los mismos parámetros.

### Producción y composición de la leche en ovejas de razas de pelo

La producción media de leche estimada durante las primeras ocho semanas de lactancia, fue de 652,7 g/día, para las tres razas. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en las semanas tres, cuatro y ocho, con una diferencia mínima significativa de 293,5 g/día, (Figura 1) las ovejas Kt tuvieron mayor producción durante la semana tres (1356 g/día), mientras que las ovejas Bb tuvieron mayor producción durante las semanas cuatro y ocho (956 g/día y 748 g/día).



a, b Valores con diferente literal dentro de cada semana indican diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

**Figura 1. Producción semanal de leche (g/día) en ovejas Blackbelly, Katahdin y Pelibuey, mantenidas bajo estabulación, durante ocho semanas. DMS= diferencia mínima significativa.**

La raza y el sexo del cordero no afectaron la producción media de leche, durante las primeras ocho semanas de la lactancia en ovejas de razas de pelo, mantenidas bajo estabulación. Sin embargo, las ovejas con corderos dobles produjeron más ( $P < 0,05$ ) leche (800 g/día) que las ovejas con corderos sencillos (559 g/día); además, las ovejas de tres



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

(739 g/día) produjeron más leche ( $P < 0,05$ ), en relación a las ovejas de dos (553 g/día) o cuatro (651 g/día) años (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Efecto de raza, tipo de parto, sexo del cordero y edad de la oveja sobre la producción de leche (g/día, media  $\pm$  ESM), durante las primeras ocho semanas de la lactancia, en ovejas de pelo mantenidas bajo estabulación.**

Raza	N	Producción de leche (g/día)
Blackbelly	15	699,20 $\pm$ 288 <sup>a</sup>
Katahdin	15	703,11 $\pm$ 162 <sup>a</sup>
Pelibuey	15	556,02 $\pm$ 299 <sup>a</sup>
Tipo de parto		
Sencillo	25	559,13 $\pm$ 322 <sup>b</sup>
Doble	20	800,60 $\pm$ 165 <sup>a</sup>
Sexo del cordero		
Macho	38	677,10 $\pm$ 284 <sup>a</sup>
Hembra	27	616,68 $\pm$ 233 <sup>a</sup>
Edad		
2	13	553,56 $\pm$ 183 <sup>b</sup>
3	12	739,41 $\pm$ 194 <sup>a</sup>
4	20	651,43 $\pm$ 306 <sup>ab</sup>

La producción y calidad y composición de la leche en la oveja y hembras de otras especies de rumiantes (vacas y cabras) depende principalmente de dos factores, la alimentación y la genética, así como también dependen de factores hormonales y nutricionales (Weaver y Hernández, 2016; Wilde y Peaker, 1990); además, también se sabe de la importancia de efectos de raza y su interacción con el medio ambiente sobre la producción de leche (Carta et al., 2009; Montaldo, 2001). En estudios iniciales con ovejas Pb en pastoreo, se reportaron valores entre 506 g/día y 630 g/día, para ovejas amamantando uno o dos corderos, respectivamente (González, 1977). En el presente estudio la producción fue 559 g/día y 801 g/día, para ovejas amamantando uno o dos corderos. Así mismo, las ovejas Kt y Bb produjeron más leche (703 g/día y 699 g/día), en relación a las ovejas Pb (556 g/día); valores diferentes a los reportados previamente, diferencias que como se menciona, probablemente sean debidas a genética y alimentación.



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

Resultados similares para producción de leche han sido reportados para ovejas Pb (Chávez et al., 1995; Martínez, 2014) y que puede atribuirse a las condiciones alimenticias y de manejo a que fueron sometidas las ovejas. El pico de producción se observó en la primera semana, encontrando valores de 1444 g/día, 1328 g/día y 1188 g/día y para la segunda semana 1424 g/día, 1356 g/día y 1184 g/día en ovejas Bb, Kt y Pb, respectivamente. Sin embargo, a partir de la tercera semana la producción disminuyó progresivamente hasta la octava semana. Debido a que la oveja debe recuperar la condición corporal, para prepararse para el siguiente ciclo reproductivo, además que el cordero se vuelve independiente de la madre (Ampueda et al., 2000; Hinojosa-Cuéllar et al., 2013).

La producción total y composición de leche en ovejas Kt, Bb y Pb se muestran en el Cuadro 2, se observó una media general de 652,77 g/día, con medias de 703,11 g/día; 699,20 g/día y 556,02 g/día en ovejas Kt, Bb y Pb, respectivamente. La raza Kt produjo 20% más con respecto a las ovejas Pb y 5% más en relación a las ovejas Bb, estas diferencias no fueron significativas. Sin embargo, el incremento observado en ovejas Kt estadísticamente no fue diferente ( $P > 0,05$ ) de las ovejas Bb y Pb, en las cuales, el efecto de raza no modificó dicha producción. Mientras que la producción total tampoco fue significativamente diferente para las tres razas.

Se encontraron efectos significativos ( $P < 0,05$ ) de la raza de la oveja sobre el contenido de proteína, grasa y lactosa; el porcentaje de proteína fue mayor en las ovejas Bb (5,42%) y Kt (5,37%) que en las ovejas Pb (5,25%) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Relación entre producción (kg, media  $\pm$  ESM) y composición láctea (% , Media  $\pm$  ESM) en ovejas Katahdin, Blackbelly y Pelibuey mantenidas bajo estabulación, durante las primeras ocho semanas de la lactancia.**

Raza	N	Producción de leche (kg/día)	Proteína (%)	Grasa (%)	Lactosa (%)
Katahdin	15	39,37 $\pm$ 9,07 <sup>a</sup>	5,37 $\pm$ 0,13 <sup>ab</sup>	7,06 $\pm$ 1,03 <sup>a</sup>	3,08 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>
Blackbelly	15	39,16 $\pm$ 16,13 <sup>a</sup>	5,42 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	5,24 $\pm$ 1,78 <sup>b</sup>	3,30 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>
Pelibuey	15	31,14 $\pm$ 16,74 <sup>a</sup>	5,25 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>	5,79 $\pm$ 1,05 <sup>b</sup>	3,14 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>

**N= número de observaciones. <sup>a, b</sup> Valores con diferente superíndice dentro de cada columna indican diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).**



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

El contenido de grasa fue mayor ( $P < 0,05$ ) en las ovejas Kt (7,06%), en relación a las ovejas Pb (5,79%) y las Bb (5,24%); mientras que el contenido de lactosa fue mayor en las ovejas Bb (3,30%), en relación a las ovejas Pb (3,14%) o las Kt (3,08%).

El contenido de proteína, grasa y lactosa para las tres razas (combinado) varió de 5,6% a 5,3%, de 4,6% a 5,4% y de 3,5% a 3,1%, respectivamente, los valores para proteína y lactosa mostraron una tendencia a disminuir; mientras que, la grasa mostró una tendencia a aumentar, durante las ocho semanas de lactancia.

El nivel de producción de leche encontrado en el presente estudio es similar a resultados de otros estudios, realizados en ovejas Pb, con una producción de 843 g/día, alimentadas con una dieta de 14,2% PC y 2,74 de EM (Chávez et al., 1995). En ovejas West African, se reporta una producción láctea de 710 g/día, en ovejas alimentadas con una dieta con 18% PC (Ampueda et al., 2000). En otro estudio, ovejas East Frisian X Pb tuvieron una producción de 534,25 g/día (Martínez, 2014). Las diferencias encontradas se pueden atribuir a los grupos raciales utilizados en los estudios, ya que no son genotipos especializados para producción de leche, debido también al tamaño pequeño de la glándula mamaria, ya que principalmente, se utilizan para producción de carne (Church et al., 2007). Asimismo, los grupos raciales en estudio se encontraban bajo las mismas condiciones de manejo y nutricionales (cáscara de naranja más un suplemento con 16% de PC). Sin embargo, la condición corporal y peso vivo antes y después del parto afectan la disposición de reservas para la síntesis de la leche (Hinojosa-Cuéllar et al., 2009a; Sevi et al., 2000). Lo cual explica el incremento observado para ovejas Kt, debido a que esta raza es considerada de talla grande con respecto a Pb y Bb.

Se encontraron diferencias en la composición de leche de ovejas Kt, Bb y Pb ( $P < 0,05$ ), para porcentaje de proteína, grasa y lactosa como se muestra en el Cuadro 2. Se obtuvieron medias generales de 5,34%, 6,03% y 3,17% para proteína, grasa y lactosa, respectivamente. Se observaron valores mayores en ovejas Bb para proteína (5,42%) y lactosa (3,30%), en relación a los observados en las ovejas Kt y Pb. Sin embargo, las ovejas Kt presentaron valores mayores de grasa (7,06%), en relación a las ovejas Bb



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

(5,2%) y Pb (5,8%). Por otra parte, la lactosa fue el componente minoritario en la leche. El porcentaje de lactosa en el presente estudio se encuentra por debajo de lo observado en otros estudios (Ochoa-Cordero et al., 2007; Velasco et al., 2001). Esto probablemente, sea debido a que los carbohidratos (glucosa y galactosa) requeridos para la síntesis de lactosa son utilizados principalmente como fuente energética por las células secretoras de la glándula mamaria para la síntesis de leche (Relling y Mattioli, 2003; González et al., 2020).

Por otra parte la acción de los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) tienen una repercusión importante en la composición láctea, donde el acético y butírico son utilizados para la síntesis de grasa, y el propiónico, en relación con los aminoácidos para la síntesis de proteína (Salvador y Martínez, 2007; Sampelayo et al., 2003), lo cual puede explicar las diferencia observadas en la raza Bb y Kt, en las cuales se observaron valores mayores para proteína y grasa, en comparación a la raza Pb.

### **Comportamiento del cordero durante la lactancia en ovejas de razas de pelo**

Las medias totales fueron de 3,46 kg, 9,55 kg y 195 g/día, respectivamente, donde se observa que la raza no afectó el PN ni el PD ( $P>0,05$ ); los corderos Pb (208 g/día) y los Kt (210 g/día) presentaron mayores valores ( $P<0,05$ ) para GPP, en relación a los corderos de ovejas Bb (166 g/día) (Cuadro 3).

Se encontraron efectos significativos ( $P<0,05$ ) del TP y del sexo del cordero sobre PN, PD y GPP (Cuadro 3). Los corderos de parto sencillo fueron más pesados al nacimiento (3,84 kg), al destete (11,6 kg) y ganaron más peso pre-destete (226 g/día,  $P<0,05$ ), que los corderos de parto doble, los cuales presentaron PN de 3,19 kg, PD de 8,05 kg y 171 g/día.



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

**Cuadro 3. Efectos de raza, tipo de parto y sexo sobre el comportamiento pre-destete en corderos (Media  $\pm$  ESM, kg o g/día) de ovejas Blackbelly, Pelibuey y Katahdin mantenidas en estabulación.**

Raza	N	PN (kg)	PD (kg)	GPP (g/día)
Blackbelly	22	3,37 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup>	8,83 $\pm$ 2,73 <sup>a</sup>	166 $\pm$ 70,1 <sup>b</sup>
Pelibuey	22	3,44 $\pm$ 0,65 <sup>a</sup>	9,64 $\pm$ 2,48 <sup>a</sup>	208 $\pm$ 50,1 <sup>a</sup>
Katahdin	19	3,57 $\pm$ 0,85 <sup>a</sup>	10,18 $\pm$ 2,59 <sup>a</sup>	210 $\pm$ 50,1 <sup>a</sup>
Medias totales	63	3,46 $\pm$ 0,75	9,55 $\pm$ 2,6	194,7 $\pm$ 60,0
Tipo de parto				
Sencillo	26	3,85 $\pm$ 0,712 <sup>a</sup>	11,62 $\pm$ 2,69 <sup>a</sup>	226 $\pm$ 90,1 <sup>a</sup>
Doble	37	3,19 $\pm$ 0,710 <sup>b</sup>	8,05 $\pm$ 2,53 <sup>b</sup>	171 $\pm$ 95,9 <sup>b</sup>
Sexo				
Macho	36	3,73 $\pm$ 0,708 <sup>a</sup>	10,48 $\pm$ 2,65 <sup>a</sup>	207 $\pm$ 48,1 <sup>a</sup>
Hembra	27	3,09 $\pm$ 0,709 <sup>b</sup>	8,24 $\pm$ 2,59 <sup>b</sup>	177 $\pm$ 77,0 <sup>b</sup>

N= número de observaciones. <sup>a, b</sup> Valores con diferente superíndice dentro de cada columna indican diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

El comportamiento del cordero durante la lactancia y previo al destete, depende directamente de la producción de leche de la oveja y de la interacción del genotipo paterno con el genotipo materno, la cual, le permitiría al cordero mostrar mayores incrementos de peso. Además, un mayor PN del cordero, podría ayudar a mejorar el comportamiento del cordero previo al destete. La alimentación y el manejo antes y después del parto llega afectar el PN, asimismo este efecto se verá reflejado al momento del destete, sin embargo, factores intrínsecos (TP y sexo) juegan un papel importante durante el desarrollo fisiológico del cordero (Hinojosa-Cuéllar et al., 2012; Nava-López et al., 2006).

En este estudio la raza de la oveja no afectó el PN de los corderos, los corderos sencillos (3,85 kg), machos (3,73 kg) fueron más pesados que los gemelos (3,9 kg), hembras (3,09 kg). Reportes para PN en corderos Bb varían entre 2,64 y 2,97 kg (González et al., 2002; Vergara et al., 2006; Benavidez, 2011), el PN en corderos Pb en este estudio fueron superiores a los reportados por Macedo y Arredondo (2008); González et al. (2002) y Pérez et al. (2011), con una media de 2,69 kg; asimismo, dichos autores señalan que el PN en corderos de pelo son menores a algunas razas de lana, los cuales varían de 3,8 kg a 4,1 kg (Hinojosa-Cuéllar et al., 2009b), similares a los obtenidos para corderos Kt en este



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

estudio, lo que explicaría que algunas diferencias podrían deberse a factores como genéticos, nutricionales, época de nacimiento, tipo de parto y sexo (Hinojosa-Cuéllar et al., 2013).

Por lo anterior el TP y sexo del cordero sobre el PN favorece los corderos de parto sencillo, por su mayor peso, debido a que no existe competencia por el alimento y espacio durante su permanencia en el útero, además en machos el peso de la placenta durante su estancia en el útero, son más pesadas que en la hembra (Hinojosa-Cuéllar et al., 2009a, b). Estos resultados concuerdan con lo descrito por Quintero et al. (1997) y Zambrano et al. (2005), quienes difieren sobre la existencia de evidencias marcadas entre el TP y sexo del cordero, a favor de corderos de parto simple y machos.

Asimismo, los valores para PN obtenidos en el presente estudio son superiores a los reportados por Quintanilla (2013), quien observó PN para parto sencillo de 3,74 kg y de 3,16 kg para parto doble, se obtuvieron PN de 3,54 kg y 3,43 kg para machos y hembras, respectivamente. Cabe resaltar que el presente trabajo se realizó bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación por lo que se concluye que el efecto de época de año y manejo influyen sobre el PN; Turkson y Sualisu (2005) y González-Garduño et al. (2013) señalan que fluctuaciones en precipitación pluvial, evaporación, velocidad del viento e insolación afectan el comportamiento productivo del cordero. Sin embargo, el efecto de TP y sexo juegan un papel importante sobre el PN del cordero, así corderos de parto sencillo tienen mejores probabilidades de mostrar mejor comportamiento, ya que estos no tienen competencia por el alimento, por tanto, este aprovecha más eficientemente los nutrientes de la leche. Por lo contrario, corderos de partos dobles, compiten por el alimento (Hinojosa-Cuéllar et al., 2009b; Macedo y Arredondo, 2008). Por otra parte, Treviño (2009) describe que en la mayoría de las especies domesticas las crías del sexo masculino presentan una mejor ganancia de peso, esto se puede atribuir a un efecto anabólico de la testosterona que afecta el crecimiento y el tamaño de los músculos a favor de los machos (Church et al., 2007; Quintero et al., 1997).



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

Se sabe que los corderos machos son más pesados al nacer, debido a que se desarrollan en una placenta más grande con respecto a las hembras, esto debido a que el peso de los cotiledones del macho durante la gestación son 10% más pesados que en las hembras (Black, 1983), información que concuerda por lo descrito por Hinojosa-Cuéllar et al. (2009a, b), Quintero et al. (1997) y Zambrano et al. (2005), quienes coinciden que existen evidencias marcadas a favor de machos. Asimismo, se ha comprobado que el macho tiende a amamantarse con mayor frecuencia, por lo que presenta un mayor PD (Ferro et al., 2011; Rondón, 2001). Se ha descrito que en la mayoría de las especies domesticas las crías del sexo masculino presentan mayores ganancias de peso, condición que se atribuye por el efecto positivo que ejerce la testosterona que afecta el crecimiento y el tamaño de los músculos a favor del macho (Church et al., 2007; Quintero et al., 1997). Información que concuerda con Hinojosa-Cuéllar et al. (2009a, b), quienes señalan que existen evidencias marcadas entre machos y hembras.

En este estudio la raza no afectó el PD, ni la GPP ( $P > 0,05$ ), solamente, el TP y sexo afectaron el PD y la GPP ( $P < 0,05$ , Cuadro 3). Sin embargo, para efecto del TP, este afectó significativamente el PD, los corderos de parto sencillo presentaron una media de 11,62 kg, superior a los corderos de parto doble (8,05 kg). El sexo del cordero influyó significativamente ( $P < 0,05$ ) sobre el PD, los cuales presentaron medias de 10,48 kg y 8,24 kg, para machos y hembras, respectivamente.

Los valores entre medias fueron similares entre los genotipos raciales, la media general para el PD obtenida para este estudio fue inferior, a otros estudios donde se obtuvo una media de 15,87 kg al destete en corderos de pelo (Quintanilla-Medina et al., 2018). Sin embargo, los pesos obtenidos en esta investigación se encuentran fuera de los rangos reportados (11 kg a 15 kg) en otros estudios (Hinojosa-Cuéllar et al., 2009a, b; Macedo y Arredondo, 2008).

Los corderos Kt registraron el mayor PD (10,18 kg), mostrando los corderos Pb valores intermedios (9,6 kg) y los corderos Bb (8,8 kg), el menor PD. Estos últimos, presentaron un mayor número de partos dobles con una media de 8,04 kg, por lo que se



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

observó que ovejas que criaron a un cordero presentaron una media de 11,62 kg. Los datos obtenidos concuerdan por diversos autores, quienes indican que el efecto del TP sobre el PD favorece los corderos de parto sencillo (Hinojosa-Cuéllar et al., 2009a, b). Sin embargo, Rondón (2001) menciona que en ovejas de parto doble existe mayor competencia por el alimento, por el contrario, en corderos únicos no existe competencia alguna por el alimento. Estudios efectuados por Benyi et al. (2006) y Hinojosa-Cuéllar et al. (2009a, b; 2013) señalan que corderos Pb y Bb muestran que los machos tienen valores más altos al PN, GPP y PD que las hembras. Asimismo, esta situación se presenta en crías de otras especies animales.

## CONCLUSIÓN

La raza no afectó la producción de leche y tampoco el PN, PD, pero si influyó en la GPP en los corderos Bb. El contenido de proteína y lactosa mostró una tendencia a disminuir hacia el final del periodo de lactancia, el cual tardó ocho semanas, y el contenido de grasa aumentó a medida que disminuyó la producción de leche.

## REFERENCIAS

- AMCO. (2010). *Razas ovinas en México*. [http://www.uno.org.mx/razas\\_ovinas/catalogo\\_razas.pdf](http://www.uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf).
- Ampueda, J., y Combellas, J. (2000). Estimación de la producción de leche en ovejas West African. En A. I. Sierra, P. F. Guillén, I. I. Garitano, A. Rodríguez y P. M. Delgado (Eds.), *XXV Jornadas Científicas y IV Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia*. Teruel. España. (pp. 303-305).
- Benavidez J., A. B. (2011). Estimación de parámetros genéticos para características de crecimiento de ovinos Pelibuey y Blackbelly. [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México, México].
- Black, J. L. (1983). Growth and development of lambs. W. Haresign, (Ed), *Sheep Production*. London, U.K. (pp. 21-58).



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

- Benyi, K., Norris, D., Karbo, N., y Kgomo, K. A. (2006). Effects of genetic and environmental factors on pre-weaning and post-weaning growth in West African crossbred sheep. *Trop Anim Health Prod.* 38(7-8): 547-554. <https://doi.org/10.1007/s11250-006-4416-2>
- Carta, A., Casu, S., and Salaris, S. (2009). Invited review: Current state of genetic improvement in dairy sheep. *J Dairy Sci.* 92(12): 5814-5833.
- Chávez R., G., Castellanos R., A. F., y Velázquez M., P. A. (1995). Producción de las ovejas Pelibuey pre y posparto alimentadas con diversos aportes nutricionales. *Téc Pecu Méx.* 33(3):183-191. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/693>
- Church, D. C., Pond, K. R. y Pond, W. G. (2007). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.* 2nd ed. Limusa. México.
- Ferro P., M. B., Pulgarón P., P., y Garcés C., L. (2011). Influencia de factores no genéticos en el comportamiento productivo de corderos Pelibuey. *Red Vet.* 12:1-9. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020211/021102.pdf>
- Fonseca F., N., Costa G., P.J., La O A., M., Ponce P., I., Vázquez A., J., y Miranda M., O. (2008). Efecto del número de partos en la producción de la oveja Pelibuey cubana bajo condiciones de crianza comercial. *Rev Prod Anim.* 20(1):76-79.
- González R., A. (1977). Reproduction in Peliguey sheep in the mexican tropic. [M. Sc. Thesis, Utah State University, Logan, UT, U.S.A.]. 93 p.
- González R., A. (2002). El manejo integral del rebaño en ovinos de Pelo en México. *Veterinaria Zacatecas.* 2:41-56.
- González R., A., y Lucero M., F. A. (2007). *El manejo integral del rebaño en ovinos y caprinos en México.* Memoria XXI Reunión Anual de Caprinocultura, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Edo. de México, México. p. 80-98.



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

González G., R., Torres H., G., y Castillo A., M. (2002). Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet Méx.* 33(4):443-453.

González-Garduño, R., Blardony-Ricardez, K., Ramos-Juárez, J. A., Ramírez-Hernández, B., Sosa R., R., y Gaona-Ponce, M. (2013). Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación. *A I A.* 17(1):135-148. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83725698008>

González-Reyna, A., Zárata-Fortuna, P., y Carreón-Pérez, A. (2011). Eficiencia productiva en ovinos de Pelo en el Noreste de México: Evaluaciones de comportamiento productivo del rebaño en ovinos de Pelo, bajo diferentes sistemas de manejo en el trópico. Editorial Académica Española (LAP Lambert Academic Publishing), Saarbrücken, Germany. 85 p.

González-Reyna, A., Martínez-González, J. C., Hernández-Meléndez, J., Lucero-Magaña, F. A., Castillo-Rodríguez, S. P., Vázquez-Armijo, J. F., y Parra-Bracamonte, G. M. (2020). Reproducción de ovinos de pelo en regiones tropicales de México. *Cien Agropec.* 32:182-199.

González R., A., Lucero M., F. A., y Vázquez A., J. F. (2021). Producción de carne ovina para mercados globales: El sistema de producción y cruzamientos con razas terminales, Cap. S IV-4. En A. González R., J.F. Vázquez A. y F.A. Lucero M. (Edición y Compilación), *Fisiología de la reproducción y productividad en pequeños rumiantes*, Editorial Académica Española, OmniScriptum Publishing, Beau Basin, Mauritius (pp. 274-289). [www.eae-publishing.com](http://www.eae-publishing.com).

González R., A., Pescador S., N., Vázquez A., J. F., y Lucero M., F. A. (2020). Fisiología de la lactancia y la glándula mamaria en cabras y ovejas, Cap. S I-4. En A. González R., J.F. Vázquez A. y F.A. Lucero M. (Edición y Compilación), *Reproducción y productividad en ovinos y caprinos en trópico seco*, Editorial Académica Española, OmniScriptum Publishing, Beau Basin, Mauritius (pp. 79-88). [www.eae-publishing.com](http://www.eae-publishing.com).



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

Hernández-Meléndez, J., González-Reyna, A., Rojo R., R., Sánchez-Dávila, F., Salvador, A., y Vázquez-Armijo, J. F. (2015). Producción y composición de la leche de cabras alimentadas con diferentes inclusiones de pulpa deshidratada de naranja. *Rev Cient. FCV-LUZ* 25(4):324-329. <http://www.fcv.luz.edu.ve>.

Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J. C., Aranda-Ibáñez, E. M., y González-Camacho, J. M. (2012). Factores que afectan el crecimiento predestete de corderos Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Universidad y Cien.* 28:163-171.

Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., y Segura-Correa, J. C. (2013). Comportamiento productivo de cordero F1 Pelibuey x Blackbelly y cruces con Dorper y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo de Tabasco, México. *Arch Med Vet.* 45(2):135-145. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2013000200004>

Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J. C., Aranda-Ibáñez, E. M. y González-Camacho, J. M. (2009a). Factores que afectan el crecimiento predestete de corderos Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Universidad y Cien.* 28(2):163-171.

Hinojosa-Cuéllar, J. A., Regalado-Arrazola, F. M., y Oliva-Hernández, J. (2009b). Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Rev Cient. FCV-LUZ.* 19(5):522-532. <http://www.fcv.luz.edu.ve>.

Ibarra H., M. A., Zárate F., P., y Limas M., A. G. (2012). Guía práctica para el manejo de la sequía. Hernández M., J., editor. Nutrición y manejo de bovinos productores de carne. Facultad de Ingeniería y Ciencias, UAT, Cd. Victoria, Tamps., México. (pp. 01-13).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2016). Anuario Estadístico del Estado de Tamaulipas, México.



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

Lucero M., F. A., González R., A., Vázquez A., J. F., y Trejo M., F. J. (2021). El manejo integral de la reproducción en ovinos y caprinos, Cap. S II-5. En A. González R., J.F. Vázquez A. y F.A. Lucero M. (Edición y Compilación), *Fisiología de la reproducción y productividad en pequeños rumiantes*, Editorial Académica Española, OmniScriptum Publishing, Beau Basin, Mauritius, (pp. 157-175). [www.eae-publishing.com](http://www.eae-publishing.com).

Lucero M., H., Briones E., F., Lucero M., F. A., Hernández M., J., Castillo R., S. P., y Martínez G., J. C. (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 Arredondo, V. (2008). Efecto del sexo y del tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo. *Arch Zoot.* 57(218):219-228.

Martínez P., M. M. (2014). Producción y composición fisicoquímica de leche de cruces de ovejas (East Friesian X Pelibuey), bajo dos métodos de crianza: artificial y natural. [Tesis MVZ, Universidad Nacional Autónoma de México, México]. 42 p.

Montaldo, H. H. (2001). Genotype by environment interactions in livestock breeding programs: A review. *Interciencia.* 26(6):229-235. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33905702>

Nava-López, V. M., Oliva-Hernández, J., y Hinojosa-Cuéllar, J. A. (2006). Mortalidad de los ovinos de pelo en tres épocas climáticas en un rebaño comercial en la Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Cien.* 22(2):119-129.

Ochoa-Cordero, M. A., Torres-Hernández, G., Mandeville P., B., y Díaz-Gómez, M. O. (2007). Efecto de factores fisiológicos y de manejo en la composición de la leche de ovejas Rambouillet. *Agrociencia.* 41(3):263-270.



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

- Pérez C., K., Fonseca F., N., Vázquez, J. A., Rojas G., N., Botello, A. L. Fernández, J. L., Valera, Y. R., Sánchez, J. P. y Miranda, M. C. (2011). Caracterización de indicadores bioproductivos del ovino Pelibuey en el municipio de Pílon. *Rev Electr Vet.* 12(6):01-07.
- Quintanilla-Medina, J. J. (2013). Comportamiento productivo en corderos de las razas de pelo. [Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México]. 82 p.
- Quintanilla-Medina, J. J., González-Reyna, A., Hernández-Meléndez, J., Limas-Martínez, A. G., Carreón-Pérez, A., y Martínez-González, J. C. (2018). Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo en el noreste de México. *Rev Inv Vet Perú.* 29(2):544-551. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i2.13863>
- Quintero, A., Bóscan, J., Palomares, R., González, A., y Boissiere, J. (1997). Efecto del sexo sobre el peso corporal a diferentes edades en corderos West African criados en el trópico venezolano. *Arch Latinoam Prod Anim.* 5(1):426-427.
- Relling, A. E., y Mattioli, G. A. (2003). *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes.* Editorial EDULP, La Plata, Argentina. 72 p.
- Rondón Z., M. (2001). Restricción del amamantamiento y tiempo de destete sobre la producción de leche al ordeño de ovejas West African. *Zoot Trop.* 19(1):219-228.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2012). Resumen de la población ganadera, avícola y apícola 2003-2012. México.
- Salvador, A., y Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: revisión bibliográfica. *Rev Fac Cien Vet.* 48(2):61-76.
- Sampelayo, M. R. S., Fernández, J. R., De la Torre, G., Ramos, E., Carmona, F. D., y Boza, J. (2003). Calidad de la leche de los pequeños rumiantes. *Real Acad Cien Vet Andalucía Oriental* 16:155-166.



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

Statistical Analysis System. (2003). SAS-Version 9.1, para Windows. User's Guide Statistics. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC., U.S.A.

Sevi, A., Taibi, L., Albenzio, M., Muscio, A., y Annicchiarico, G. (2000). Effect of parity on milk yield, composition, somatic cell count, renneting parameters and bacteria counts of Comisana ewes. *Small Rumin Res.* 37(1-2):99-107. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00133-9](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00133-9)

Steel, R. G. D., y Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics: A Biometrical approach*. 2nd. Ed. New York, U.S.A., Mc Graw Hill.

Turkson, P. K., y Sualisu, M. (2005). Risk factors for lamb mortality in Sahelian sheep on a breeding station in Ghana. *Trop Anim Health Prod.* 37(1):49-64. <https://doi.org/10.1023/B:TROP.0000047935.78168.46>

Treviño M., J. E. (2009). Efecto del uso de anabólicos y promotores de la digestión sobre el comportamiento de corderos de razas de pelo en confinamiento. [Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamps., México]. 52 p.

Vázquez S., E. T., Partida P., J. A., y Rubio L., M. S. (2011). Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Rev Mex Cien Pecu.* 2(3):247-258.

Velasco, S., Cañeque, V., Díaz M., T., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F., Manzanares, C., y González, J. (2001). Producción lechera y composición lipídica de la leche de ovejas Talaveranas durante el periodo de lactancia. *Invest Agr Prod Sanid Anim.* 16(1):181-192.

Vergara V., I., De Lucas T., J., y Pérez M., A. (2006). *Evaluación productiva de ovinos Katahdin, Dorper y Romanov en una explotación intensiva de México*. SEOC y Exopol. Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. pp. 243-246.



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

Weaver, S. R., y Hernández, L. L. (2016). Autocrine-paracrine regulation of the mammary gland. *J. Dairy Sci.* 99:842-853. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9828>

Wilde, C. J., y Peaker, M. (1990). Review: Autocrine control in milk secretion. *J Agric Sci. Cambridge.* 114:235-238. <https://doi.org/10.1017/S0021859600072592>

Zambrano, C., Escalona, A., y Maldonado, A. (2005). *Evaluación biológica y económica de un rebaño de ovinos en Barinas*. IX Seminario de Pastos y Forrajes. Venezuela. pp. 158-170.

### **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y a CONACYT, por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación, de igual manera se agradece al Dr. Pedro Zarate Fortuna† y al Dr. Martín Antonio Ibarra Hinojosa y al Cuerpo Académico Consolidado Mejoramiento, Biotecnología y Sistemas de Alimentación (UATAM-CA-18), por el apoyo brindado para la realización de ese estudio. Se agradece también el apoyo de CONACYT-México, brindado en forma de becas para estudiantes de maestría en ciencias (LEGH y BFL).



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

## MANEJO DE *Meloidogyne incognita* MEDIANTE INJERTO DE *Coffea arabica* en *Coffea canephora*, OXAMILO Y *Trichoderma atroviride*<sup>1</sup>

Esteban Sánchez-González<sup>2</sup>; Jorge Muñoz<sup>3</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de manejar *Meloidogyne incognita*, se implementaron las prácticas de injerto de las variedades Arábicas en patrón de café Robusta, se incorporó el uso del Oxamilo y la inoculación de las raíces con *Trichoderma atroviride*. Se utilizó un diseño en bloques aleatorizados, con cinco repeticiones en arreglo de parcelas subdivididas. La parcela principal contenía las variedades Caturra y Pacamara. Las secundarias, la propagación, con injerto y sin injerto. Las terciarias control con Oxamilo, *T. atroviride* y sin control. Se observó un efecto detrimental ( $P < 0,01$ ) del factor injerto en todas las variables de respuesta; se presentaron diferencias en la interacción variedad  $\times$  injerto ( $P < 0,01$ ). El injerto en Caturra mostró compatibilidad en términos de número de *M. incognita* por gramo de raíces (NMGR); sin embargo, Pacamara se afectó por la incompatibilidad de injerto y patrón. Además, el injerto causó un incremento en la severidad de la mancha de hierro, en ambas variedades. La interacción injerto  $\times$  control fue significativa ( $P < 0,01$ ) en NMGR y en el porcentaje de área foliar (AF) se destacó el Oxamilo y *T. atroviride*. La altura de la planta fue diferente entre variedades, siendo Caturra la de mayor altura. El control con *T. atroviride* fue relevante ( $P < 0,01$ ), también el uso de *T. atroviride* mostró diferencias ( $P < 0,05$ ) favoreciendo el diámetro del tallo y el peso radicular. En conclusión, el uso de *T. atroviride*, como práctica de control biológico compatible con el ambiente, es suficiente para el manejo de *M. incognita* en las variedades Caturra y Pacamara, demostrando que la práctica de injerto en Robusta, al igual que el uso del control con Oxamilo son innecesarios.

**Palabras clave:** Área foliar, peso seco, diámetro de tallo, peso de raíces, largo de planta.

<sup>1</sup> Recepción: 30 de septiembre de 2021. Aceptación: 20 de octubre de 2021.

<sup>2</sup> Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí). M.Sc. en Agricultura Ecológica. e-mail: [esanchesg5@yahoo.com](mailto:esanchesg5@yahoo.com)

<sup>3</sup> IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí). Agr. e-mail: [jorgemunoz1856@gmail.com](mailto:jorgemunoz1856@gmail.com)



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

## MANAGEMENT OF *Meloidogyne incognita* BY GRAFTING *Coffea arabica* IN *Coffea canephora*, OXAMIL AND *Trichoderma atroviride*

### ABSTRACT

The study was performed in order to manage *Meloidogyne incognita* by grafting Arabica varieties in Robusta coffee pattern, using chemical control with Oxamyl and inoculation of the roots with *Trichoderma atroviride*. A randomized block design was used, with five repetitions in an split plot arrangement. The main plot contained Caturra and Pacamara varieties. The secondary plot, the propagation with graft and without graft. The tertiary plot included control with Oxamyl, *T. atroviride* and no control. A significant detrimental effect ( $P < 0,01$ ) of graft factor was observed in all response variables; the graft  $\times$  variety interaction was significant ( $P < 0,01$ ). The Caturra was not affected by the graft in terms of NMGR (number of *M. incognita* per gram of roots); however, Pacamara showed incompatibility of graft and pattern. In addition, graft caused a significant increase in the severity of Brown leaf spot of coffee in both varieties. The graft  $\times$  control interaction was significant ( $P < 0,01$ ) in NMGR and in the percent of leaf area (LA), highlighting the control with Oxamyl and *T. atroviride*. Plant length was different between varieties ( $P < 0,01$ ), being Caturra the tallest. Control with *T. atroviride* was relevant ( $P < 0,01$ ), also, the use of *T. atroviride* resulted different ( $P < 0,05$ ) favoring stem diameter and root weight. In conclusion, the use of *T. atroviride*, as a biological control practice compatible with the environment, is sufficient for the management of *M. incognita* for Caturra and Pacamara varieties, the grafting of Arabica trees in Robusta is not required and neither is the use of chemical control with Oxamyl.

**Key words:** Leaf area, dry weight, stem diameter, root weight, plant length.

### INTRODUCCIÓN

#### Importancia del género *Meloidogyne* spp.

Los nematodos del género *Meloidogyne* spp. son un componente presente, dominante y funcionalmente importante de los ecosistemas cafetaleros, que implica el uso de nematicidas que interactúan en toda la red alimentaria del suelo (Franco et al., 2017). La abundancia de este género lo convierte en el grupo trófico más resistente al manejo y control. Está muy relacionado con los residuos orgánicos de los suelos cafetaleros, lo que aumenta su huella metabólica funcional, sus redes alimenticias y su complejidad estructural (Yuji et al., 2013; Shuang et al., 2017).



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

El género *Meloidogyne* spp. causa el 14% de pérdidas de la producción agrícola mundial. En América Latina, representa de 15% a 25% de pérdida en la producción de café (Anzueto et al., 1995; Alpizar et al., 2007; Barros et al., 2014). En América Central, las pérdidas en viveros y en campo se estiman entre 10% y 24% y se considera común y destructivo de plantas (Carrillo et al., 2000; Guzmán y Castaño, 2010; Rojas y Salazar, 2013). En Panamá, los agricultores, lo perciben como negativo a la sostenibilidad técnica, económica y ambiental de la caficultura, debido a los riegos humanos y ambientales que implica el uso de control químico (Asociación de Productores de Renacimiento [APRE], 2014). La sostenibilidad técnica se ve seriamente amenazada con poblaciones de *Meloidogyne exigua* de 0,125 huevos/cm<sup>3</sup> y superiores a 32 huevos/cm<sup>3</sup> de sustrato, pues se reduce la altura y diámetro del tallo en 20%, el número de nudos en 65% y en 60% el peso fresco de plantas variedad Caturra en vivero (Rojas y Salazar, 2013).

### **Parasitismo de *Meloidogyne* spp.**

El parasitismo de *Meloidogyne* spp. implica la re-diferenciación de células de raíz en células gigantes de alimentación, con núcleo poliploide que se endorreduplican a través de divisiones nucleares sincrónicas. La hiperplasia e hipertrofia de las células circundantes forman las agallas radicales, que causan el debilitamiento y muerte de la planta (Godoy y Yáñez, 1999; Sandoval y Claudio, 2004; Caillaud et al., 2007).

### **El injerto a partir de variedades de café resistentes a *Meloidogyne* spp.**

Es un método de propagación que evita el contacto de la planta sensible con los patógenos del suelo; por esta razón, el desarrollo de cafetos resistentes al género *Meloidogyne* spp. es prometedor para el injerto con las variedades arábicas en patrones menos susceptibles de café Robusta, en consecuencia, el injerto de variedades de *C. arabica* sobre *C. canephora* var. Nemaya, es exitoso en el manejo y control de *Meloidogyne* spp (Reyna, 1966; Duicela et al., 2003; González et al., 2008).

La resistencia de híbridos interespecíficos de Timor (*C. arabica* x *C. canephora*) e híbridos F1 demuestran que la resistencia genética a *M. arabicida* y *M. exigua*, es heredable, por lo que el injerto de variedades arábicas en patrones de *C. canephora*, redujo a 50% los daños en términos de mortalidad y número de agallas (Bertrand et al., 2002).



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

### **Control biológico de *Meloidogyne* spp. con *Trichoderma* spp.**

Los aislamientos T-1 de *Trichoderma* spp. son eficaces para controlar *M. exigua*, parasitan el 53% de los huevos y larvas juveniles. Con la cepa BI de *T. harzianum* a concentraciones de  $10^2$ - $10^8$  esporas/mL, la infección de *Meloidogyne javanica* disminuye porque decrece significativamente el número de huevos del nematodo en comparación con el testigo; además, *Trichoderma longibrachiatum*, en  $1,5 \times 10^5$  a  $1,5 \times 10^7$  conidias/mL<sup>-1</sup> controla a *M. incognita* aumentando la altura, longitud y el peso fresco de las raíces comparado con el testigo. (Ferreira et al., 2008; Sahebani y Hadavi, 2008). El parasitismo por *Trichoderma* spp. a huevos y larvas de *M. javanica*, es causado por la acción de las quitinasas del hongo que hidrolizan la quitina y las proteasas del nematodo, en consecuencia, rompen los enlaces péptidos de las proteínas y estimulan los mecanismos de defensa de la planta lo que conduce a la resistencia sistémica (Sharon et al., 2001; Szabó et al., 2013; Zhang et al., 2015).

### **Control químico de *Meloidogyne* spp. con Oxamilo**

El control químico de *Meloidogyne* spp. con Oxamilo (Carbamato sistémico), es percibido por los productores como costoso, peligroso para la salud humana, el ambiente y no regula, en forma sostenida las poblaciones de nematodos. En este sentido Oxamilo, aplicado al suelo a dosis comercial de 1 g/planta mantenía a las raíces de la variedad Caturra libre de nematodo *Meloidogyne* spp.; pero en una segunda aplicación, no hubo respuesta, observándose síntomas severos. Al compararlo con *Paecilomyces lilacinus*, Oxamilo a dosis de 8 mL/L no logró diferencias significativas en el número de huevecillos de *Meloidogyne* spp. (Leguizamón, 1987; Lima López, 2015). En café asociado al tomate, las poblaciones de *Meloidogyne* spp. en el suelo se incrementaron de 50 a 2800 individuos en los tratamientos que contenían Oxamilo, debido a la pérdida de efectividad del nematicida (Durán-Mora y Guzmán, 2017). Otros estudios han demostrado que Oxamilo a dosis comercial de 0,4 mL/planta es una alternativa muy efectiva para el control de *Meloidogyne* spp. en vivero de café variedad Tekisic (López, 2009).

El objetivo del experimento fue evaluar los efectos del injerto de variedades arábicas en patrón Robusta, el control biológico con *T. atroviride* y el control químico con



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

el nematicida Oxamilo, sobre la población de *Meloidogyne* spp., el vigor y sanidad de las plantas en vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Instalación y manejo del experimento

El experimento se instaló el 25 de mayo de 2015 en un sistema de producción de café en etapa de vivero, en el corregimiento de Santa Clara, distrito de Renacimiento, provincia de Chiriquí, República de Panamá, con altitud de 1214 msnm, temperatura promedio de 25 °C, precipitación pluvial media de 2000 mm/año y ubicación geográfica, según el sistema de coordenadas universales transversales de Mercator (UTM), de 0305705 metros norte y 0977392 metros este. Los semilleros de *C. canephora* var. Robusta, *C. arabica* var. Caturra y Pacamara se establecieron el 25 de marzo de 2015 a densidad de 1 kg/m<sup>2</sup>. Las plantitas estuvieron erectas en 60 días después de la siembra, momento de una estricta selección de calidad para realizar el injerto hipocotiledonal, según la metodología diseñada por Reyna, 1966; Castro et al., 2010.

El 25 de mayo de 2015 las bolsas de polietileno negro de 14,5 cm de ancho x 20,5 cm de largo se llenaron con un kilogramo de tierra composteada. Las plantitas injertadas y no injertadas se sembraron y fueron aviveradas hasta febrero de 2016, momento que inició la toma de datos. Se realizaron controles manuales de malezas cada 25 a 30 días, fertilización con la fórmula comercial 12-24-12 a dosis de 5 g/planta, complementada con abonos foliares, y aplicaciones de Ciproconazole (Alto 10<sup>®</sup>) a dosis de 0,3 a 0,5 mL/L de agua cada 35 días para el control de enfermedades foliares.

### Extracción, aislamiento y multiplicación

El nematodo *M. incognita* fue extraído de las raíces de tomate *Solanum esculentum* infestadas en forma natural, con una solución concentrada de cloro. Con el extracto se preparó una suspensión de 12 huevos y juveniles/cm<sup>3</sup> de suelo.

El hongo *T. atroviride* se extrajo de una cepa existente en el laboratorio de nematología de la Estación Experimental de IDIAP en Cerro Punta; preservada en envases cerrados y refrigeración. El hongo fue multiplicado en medio nutritivo de agar papa dextrosa



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

en condiciones asépticas y temperatura controlada, luego se multiplicó masivamente en un medio sólido y después se prepararon alícuotas hasta obtener una solución de  $1,0 \times 10^9$  esporas/mL.

### Aplicación de los tratamientos de control químico y biológico

Las plantitas, cuyos tratamientos contenían el concentrado de *T. atroviride* fueron inoculadas el 7 de julio de 2015 (42 días después de la siembra). Con una pipeta graduada en mililitros se aplicó la dosis de 10 mL/planta al suelo contenido en la bolsa. La inoculación de todas las plantas con la solución de *M. incognita* se efectuó el 9 de octubre de 2015 (130 días después de la siembra). El concentrado de *M. incognita* de 12 huevos y juveniles/cm<sup>3</sup> de suelo se diluyó en 30 litros de agua con el fin de aplicar la dosis de 13 mL/planta de la solución, lo que equivale a una población de 12,000 individuos por planta (Muñoz, 2014). La aplicación de Oxamilo (Vidate 10 L<sup>®</sup>) sobre los tratamientos con este factor se efectuó el 24 de noviembre de 2015 (180 días después de la siembra). Se preparó una solución a dosis de 5 mL/L de producto comercial y se aplicó al suelo contenido en las bolsas de polietileno un volumen de 10 mL/planta.

### Diseño experimental y modelo

El diseño experimental fue bloques completos al azar, de cinco repeticiones y 12 tratamientos factoriales, en arreglo de parcelas subdivididas, según al siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = M + B_i + V_i + V_i B_i + I_j + I_j B_i + V_i I_j + C_k + V_i C_k + C_k I_j + V_i I_j C_k + E_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$  = valor observado en el j-ésimo nivel del factor injerto aplicado a la parcela secundaria de la i-ésima parcela principal del factor variedad, en el bloque "l".

M = Es la media general de los tratamientos de variedad, injerto y control.

$B_i$  = Media del efecto del i-ésimo bloque de los factores  $V_i$ ,  $I_j$  y  $C_k$ .

$V_i$  = Media del efecto i-ésimo del factor variedad.

$V_i B_i$  = Es el error (a) de las parcelas principales o Variedad \*Bloque.

$I_j$  = Es la media del j-ésimo factor injerto

$I_j B_i$  = Es el error (b) de las parcelas secundarias o Injerto\*Bloque

$V_i I_j$  = Es la interacción de los factores variedad e injerto

$C_k$  = Media del efecto k-ésimo del factor control



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

$V_i C_k$  = interacción entre los factores variedad y control

$C_k I_j$  = Interacción de los factores control e injerto

$V_i I_j C_k$  = Interacción de variedad por injerto por control

$E_{ijkl}$  = Error aleatorio experimental asociado a las parcelas secundarias y causado por los factores no controlables y coligados a las observaciones. Los valores de  $E_{ijkl}$  se suponen normales, independientes con esperanza cero y con varianza común  $\sigma^2$ .

El alcance de “i” son dos variedades, Caturra y Pacamara; el alcance de “j” son dos métodos de propagación, con injerto y sin injerto, el alcance de “k” son tres controles, *T. atroviride* (TA), Oxamilo, y sin control; el alcance de “l” son 5 bloques distribuidos al azar (Snedecor y Cochran, 1970; Di Rienzo et al., 2008).

Para cada factor se postularon hipótesis nulas y se comprobaron con el análisis de varianza tipo III. Se efectuaron comparaciones múltiples con la prueba LSD de Fisher Alfa=0,05 en cada variable de respuesta, y pruebas de hipótesis para los contrastes con el fin de encontrar diferencias significativas entre comparaciones.

Para construir la base de datos, se utilizó la versión de Microsoft Office Excel® 2007, y para el procesamiento de los datos y creación de los análisis estadísticos, el software Infostat®, versión 2008.

### **Factores en estudio y asignación de los tratamientos**

Se estudiaron dos variedades arábicas Caturra y Pacamara, susceptibles a *M. incognita*; dos métodos de propagación vegetativa, con injerto y sin injerto de variedades arábicas en patrón Robusta; y tres niveles del factor control de *M. incognita*, control biológico con *T. atroviride*, control químico con Oxamilo y sin control.

Cada bloque se dividió en dos parcelas principales donde se asignó al azar el factor variedad. Las parcelas principales fueron divididas en dos parcelas secundarias, donde se estableció al azar los métodos de propagación. Cada una de las parcelas secundarias se dividieron en tres terciarias (pequeñas) las que contuvieron el factor control.



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

La parcela principal tuvo 240 plantas (1,9 m<sup>2</sup>), las parcelas medianas 120 plantas (0,97 m<sup>2</sup>) y las parcelas chicas 40 plantas (0,32 m<sup>2</sup>). Todas las muestras se extrajeron de las dos hileras de plantas centrales de cada tratamiento factorial 20 plantas (0,16 m<sup>2</sup>).

### **Variables de respuesta**

Las variables de respuesta evaluadas fueron, área foliar en porcentaje (AF), peso seco (PS) en gramos, tomado de una muestra de 250 g de tejido verde, el cual se expuso al secado al horno con temperatura de 60 °C hasta obtener 70% de humedad en el tejido; número de *M. incognita* por gramo de raíces (NMGR); peso fresco de follaje y tallos (HT) en gramos; diámetro del tallo (DT) en centímetros; peso fresco de las raíces (R) en gramos, largo de planta (LP) en centímetros y severidad de mancha de hierro causada por *Cercospora coffeicola* Berk y Cook (S) según la escala diagramática de Paiva Custódio et al., 2011.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de varianza**

El análisis de varianza para los factores variedad, injerto, control y sus interacciones, en función de las variables dependientes, se presentan en el Cuadro 1. Existen dos columnas con los valores de grados de libertad de cada fuente de variación; la primera relacionada a las variables AF, PS y S. La segunda a NMGR, HT, DT, R y LP. Las interacciones variedad injerto e injerto control resultaron significativas ( $P < 0,01$ ) para la variable NMGR, y solo injerto control, en la variable AF. La presencia de interacción significativa confirma la interdependencia entre los factores. El factor injerto resultó con diferencia significativa ( $P < 0,01$ ) en todas las variables de respuesta. El factor control fue significativo con  $P < 0,01$  en AF, NMGR y LP, y significativo con  $P < 0,05$  en DT y R. El factor variedad fue significativo con  $P < 0,01$  en las variables S, NMGR y LP.



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

**Cuadro 1. Grados de libertad y cuadrados medios para los factores variedad, injerto y control, según variables dependientes y su respectiva significancia estadística.**

FV	gl	AF (%)	PS (g)	S (%)	gl	NMGR	HT(g)	DT(mm)	R(gr)	LP (cm)
Modelo	23	1570,73**	1339,12**	1217,57**	17	16,73**	737,17**	0,07**	37,92**	153,24**
Bloque	4	12,36	948,70	98,94	2	0,08	46,75	0,08	53,54	4,51
Variedad (var)	1	5,70	34,04	693,60**	1	81,00**	11,67	4,2E-03	7,29	268,41**
Injerto (inj)	1	33205,54**	18620,46**	22971,27**	1	18,78**	9608,57	0,83**	392,70**	617,52**
							**			
Control (cont)	2	770,45**	294,02	96,12	2	27,75**	477,46	0,08*	33,83*	462,76**
Bloque * var.	4	71,45	368,09	546,97	2	0,25	138,97	0,02	1,05	83,30
Bloque * inj.	4	34,54	1011,94	116,81	2	0,19	96,09	0,01	1,74	258,06
Var * inj	1	2,60	387,96	448,27	1	87,11**	0,96	1,7E-03	11,18	0,34
Var * cont	2	92,87	194,29	83,85	2	0,25	263,42	4,5E-03	4,74	12,33
Inj * cont	2	240,80**	392,66	213,72	2	19,69**	71,70	0,01	14,38	11,48
Var * inj * cont	2	115,62	340,19	0,23	2	0,53	360,94	5,0E-03	7,41	26,92
Error	36	47,60	173,02	160,16	18	0,20	132,47	0,02	8,93	32,72
Total	59				35					
CV (%)		11,31	16,22	45,14		19,80	27,44	16,27	27,12	9,19

Notas: FV= Fuente de variación; gl= Grados de libertad; AF= Área foliar; PS= Peso seco; S= Severidad de la mancha de hierro, *Cercospora coffeicola*; NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; HT= Peso de follaje y tallos; DT= Diámetro del tallo; R= Peso de las raíces; LP= Largo de planta. \*= P<0,05; \*\*= P<0,01. CV= Coeficiente de variación. Para la interacción variedad injerto el valor p para peso de raíces es P<0,2760; el valor de P<0,1030 para la severidad de mancha de hierro. En la interacción Injerto control el valor de P<0,2273 para la variable peso de raíces.

### Efectos de la interacción variedad por injerto

- **Número de *M. incognita* por gramo de raíces**

El examen de la interacción variedad injerto permitió ver diferencias significativas (P<0,01) en los contrastes 1, 4 y 6. (CCI vs PCI; PCI vs PSI y CSI vs PCI) donde se evidencia un menor NMGR en CCI, PSI y CSI que en PCI. Es probable que exista un efecto detrimental del injerto sobre Pacamara que implicó una pérdida de tolerancia a poblaciones de *M. incognita*. También se observó en esta interacción, que las variedades Caturra y Pacamara sin injerto fueron similares (Cuadro 2 y Figura 1 a).

- **Peso de las raíces**

Los contrastes 4, 5 y 6 resultaron con diferencias significativas (P<0,01). En la comparación PCI\_ PSI (4) la variedad Pacamara produjo menor peso de raíces cuando fue injertada en patrón Robusta, lo que pudo deberse a probables efectos antagónicos del injerto y por el NMGR. En la comparación CCI\_PSI (5) la variedad Pacamara sin injerto superó a la variedad Caturra con injerto, y en la comparación CSI\_PCI (6) la variedad Caturra sin injerto superó en forma significativa a la variedad Pacamara con injerto. El peso



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

de las raíces en ambas variedades, se mostró severamente reducido cuando se injertó en patrón Robusta, lo que evidenció cierto grado de incompatibilidad (Cuadro 2 y Figura 1b).

- **Severidad de *Cercospora coffeicola***

Hubo diferencias significativas entre contrastes de variedad injerto, a niveles de  $P < 0,01$  en todas las comparaciones, con excepción de la comparación 2 (Cuadro 2). La severidad fue significativamente menor en plantas de ambas variedades cuando no se injertan, y aumenta drásticamente cuando son injertadas (Figura 1 c). Más aún, entre variedades, se observó un mayor efecto de la mancha de hierro en la variedad Caturra injertada que con Pacamara injertada. Numerosos autores relacionan la mancha de hierro con deficiencias nutricionales de las plantas causadas por carencias en el suelo o por cualquier práctica, incluye el injerto, que limita la absorción de los nutrientes por la planta. En la etapa de vivero, la mancha de hierro puede causar 90% defoliación de la planta, genera pérdidas y el cultivo puede ser insostenible por los daños físicos en hojas y la alteración del desarrollo fisiológico de las plantas (Rengifo et al., 2006).

En la variedad Caturra la mancha de hierro se relaciona con la eliminación drástica de la sombra, lo que aumenta de la temperatura debido a la exposición directa al sol, en suelos con antecedentes de ataques de nematodos y con deficiencias nutricionales causadas por incompatibilidad entre el injerto y patrón (Guerra-Castillo, 2004).

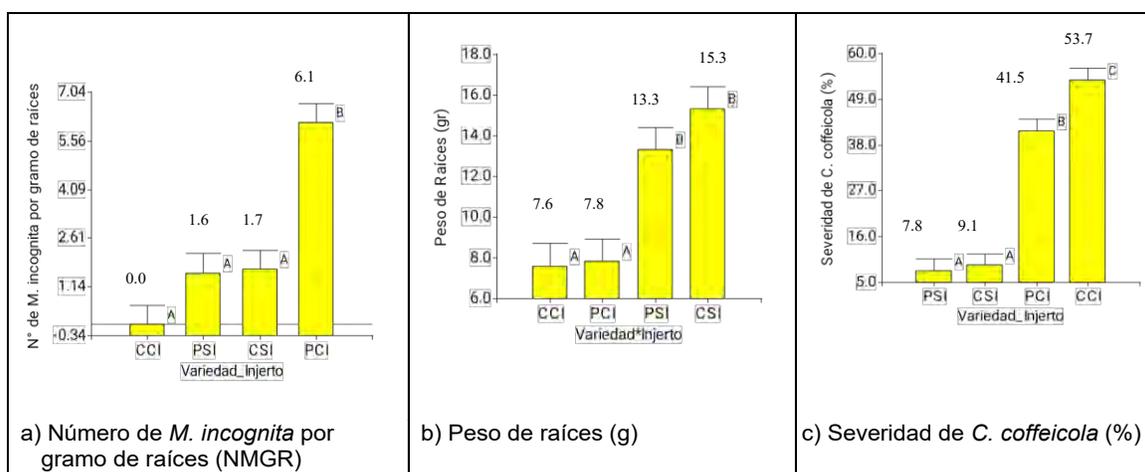
**Cuadro 2. Prueba de hipótesis para contrastes de la interacción Variedad Injerto en las variables NMGR, peso de raíces y severidad de la mancha de hierro (*C. coffeicola*).**

Interacción	NMGR			Peso de raíces (g)		Severidad (%)	
	gl	Fc	Valor de P	Fc	Valor de P	Fc	Valor de P
1. CCI vs PCI	1	53,19	<0,0001**	0,02	0,8907	9,96	0,0030**
2. CSI vs PSI	1	0,02	0,8953	1,70	0,2045	0,12	0,7334
3. CCI vs CSI	1	3,96	0,0553	24,99	<0,0001	131,62	<0,0001**
4. PCI vs PSI	1	29,56	<0,0001**	12,64	0,0016**	75,00	<0,0001**
5. CCI vs PSI	1	3,45	0,0726	13,65	0,0011**	139,60	<0,0001**
6. CSI vs PCI	1	28,13	<0,0001**	23,62	0,0001**	69,17	<0,0001**

Notas: \*\* =Diferencias significativas con valores de  $P < 0,01$ ; NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; CCI=Caturra\_Con injerto; PSI=Pacamara\_Sin injerto; CSI=Caturra\_Sin injerto; PCI=Pacamara\_Con injerto; gl= grados de libertad; Fc = valor calculado del parámetro F.



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



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; CCI=Caturra\_con injerto; PSI=Pacamara\_Sin injerto; CSI=Caturra\_Sin injerto; PCI=Pacamara\_con injerto.

**Figura 1. Diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para la interacción Variedad\_Injerto, según las variables NMGR, peso de raíces y severidad de mancha de hierro (*C. coffeicola*).**

### Efecto de la interacción injerto por control

- **Número de *M. incognita* por gramo de raíces (NMGR)**

La prueba de hipótesis de contrastes injerto control (Cuadro 3) indica diferencias significativas  $P < 0,0282$  en las comparaciones CISC\_SIO (4) (con injerto y sin control versus sin injerto y control con Oxamilo) y CISC\_SITA (5) (con injerto sin control y sin injerto y control con *T. atroviride*). En ambos casos, se observó una disminución considerable de NMGR en plantas no injertadas que recibieron Oxamilo y *T. atroviride* como control de *M. incognita*. También, hubo diferencias significativas con  $P < 0,0363$  en las comparaciones CIO\_SIO (7) (con injerto y control con Oxamilo versus sin injerto y control con Oxamilo) CIO\_SITA (8) (con injerto y control con Oxamilo versus sin injerto y control con TA), y donde las plantas no injertadas presentaron menos NMGR independientemente del control. Con las comparaciones SIO\_SISC (12) (sin injerto y control con Oxamilo versus sin injerto sin control), y SISC\_SITA (13) (sin injerto sin control versus sin injerto y control con *T. atroviride*), se obtuvieron diferencias significativas con  $P < 0,0023$  debidas al factor control, y se evidencia que el control con TA fue tan efectivo como el control con Oxamilo y ambos son mejores que sin control (Figura 2 a).



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

- **Área foliar**

La prueba de hipótesis de contrastes para injerto\_control, indica un aumento significativo ( $P < 0,046$  y  $P < 0,0009$ ) del área foliar con las comparaciones CISC\_CIO (1) y CISC\_CITA (2), causadas principalmente por el control con TA y Oxamilo. Es coincidente el efecto protector de CITA con el uso de *Trichoderma atroviride* con la finalidad de favorecer el desarrollo de plántulas de café injertadas, según lo indica (Cupull et al., 2010). Con las comparaciones CISC\_SISC (3), CISC\_SIO (4) y CISC\_SITA (5), se observaron incrementos significativos ( $P < 0,0001$ ) del área foliar fundamentalmente con plantas sin injerto con control con Oxamilo, *T. atroviride* o sin control. Con las combinaciones CIO\_SISC (6), CIO\_SIO (7) y CIO\_SITA (8) se observaron que las plantas sin injerto produjeron los mayores porcentajes de área foliar cuando se combinaron con Oxamilo o control con *T. atroviride*; aunque hubo diferencias significativas ( $P < 0,0001$ ) entre plantas injertadas sin control comparadas con plantas con injerto y control con Oxamilo y *T. atroviride*.

Por último, en las combinaciones CITA\_SISC (9), CITA\_SIO (10) y CITA\_SITA (11), ocurrieron incrementos significativos ( $P < 0,0001$ ) del área foliar en plantas sin injerto con cualquiera de los controles, lo que pone en relevancia el control con *T. atroviride*. Según estos resultados, la mejor opción, desde un punto de vista de sostenibilidad y manejo ambiental más seguro, es la inoculación de plantas no injertadas con *T. atroviride*. Esta aseveración es respaldada por estudios que encontraron resultados similares y que concluyen que el control biológico de nematodos agalladores con *Paecilomyces lilacinus*, fue similar al Oxamilo, por lo tanto, el control biológico era la opción más acertada (Cuadro 3 y Figura 2b) (Anastasiadis et al., 2008).

- **Peso de las raíces**

A pesar de que el análisis de varianza no mostró diferencias significativas en la interacción injerto control (Cuadro 1), se realizó una prueba de hipótesis de contrastes para injerto control en función de la variable peso de las raíces (Cuadro 3). Las interacciones más importantes resultaron con diferencias significativas  $P < 0,01$ . En la Figura 2c se observa claramente que las raíces de las plantas que fueron injertadas producen pesos



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

inferiores que sus similares no injertadas; sin embargo, entre plantas injertadas, las que recibieron control con *T. atroviride*, tienen mejor peso de raíces.

Algo semejante ocurrió con las plantas que no recibieron injertos, donde existe una tendencia con diferencias no significativas a favor de plantas que recibieron *T. atroviride*. Es evidente que, entre plantas injertadas, se tendrá un sistema radicular más desarrollado, en términos de peso, con el uso de Oxamilo o de *T. atroviride*, si se lo compara con plantas injertadas sin control. Con el uso de la cepa A-34 de *T. harzianum* y *T. harzianum* se han observado resultados similares en la calidad, desarrollo, vigor y longitud de las raíces, además de buena efectividad de control en *Meloidogyne* spp de 52% a 82% lo que mejoró la calidad en plantas de la variedad Caturra inoculadas en vivero (Rodríguez et al., 2006; Guilcapi, 2009).

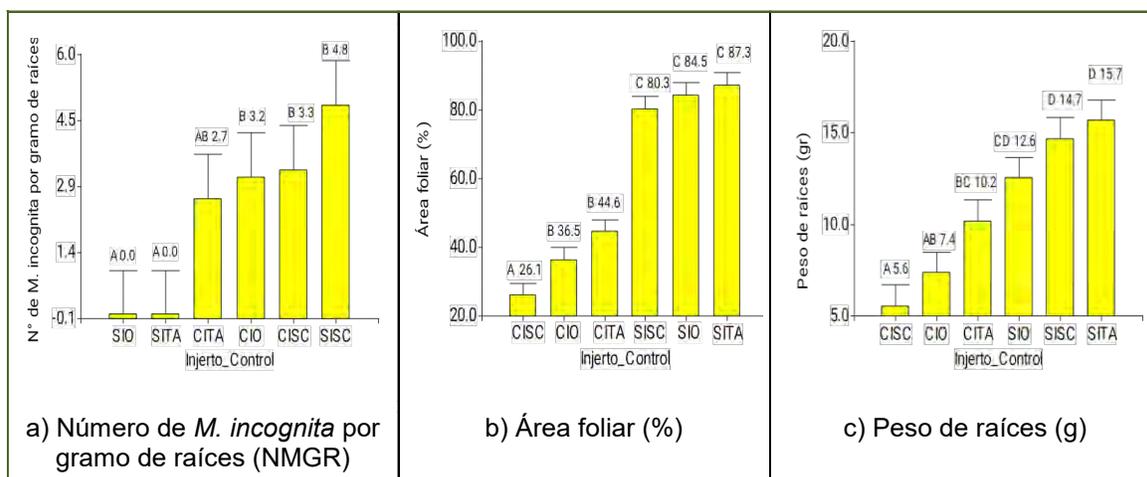
**Cuadro 3. Prueba de hipótesis para contrastes en la interacción Injerto Control para NMGR, área foliar y peso de raíces.**

Interacción	NMGR			Área foliar (%)		Peso de raíces (g)	
	Injerto	Control	gl	Fc	Valor de P	Fc	Valor de P
1. CISC_CIO	1	0,01	0,9087	4,36	0,0461*	1,29	0,2649
2. CISC_CITA	1	0,21	0,6470	13,74	0,0009**	8,65	0,0065**
3. CISC_SISC	1	1,09	0,3065	118,14	<0,0001**	33,47	<0,0001**
4. CISC_SIO	1	5,36	0,0282*	136,98	<0,0001**	19,65	0,0001**
5. CISC_SITA	1	5,36	0,0282*	150,18	<0,0001**	41,21	<0,0001**
6. CIO_SISC	1	1,34	0,2569	77,13	<0,0001**	21,60	0,0001**
7. CIO_SIO	1	4,84	0,0363*	92,49	<0,0001**	10,86	0,0027**
8. CIO_SITA	1	4,84	0,0363*	103,39	<0,0001**	27,89	<0,0001**
9. CITA_SISC	1	2,26	0,1436	51,30	<0,0001**	8,09	0,0082**
10. CITA_SIO	1	3,43	0,0746	63,96	<0,0001**	2,23	0,1467
11. CITA_SITA	1	3,43	0,0746	73,08	<0,0001**	12,10	0,0017**
12. SIO_SISC	1	11,27	0,0023**	0,70	0,4109	1,83	0,1872
13. SISC_SITA	1	11,27	0,0023**	1,92	0,1768	0,40	0,5314

Notas: \*\* =Diferencias significativas con valores de P<0,01; NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; gl= grados de libertad; Fc = valor calculado del parámetro F. CISC= Con injerto\_ sin control; CIO= Con injerto\_ Oxamilo; TA= *Trichoderma atroviride*; CITA= Con injerto\_TA; SIO= Sin injerto\_Oxamilo; SISC= Sin injerto\_Sin Control; SITA= Sin injerto TA.



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



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ); NMGR= Número de *M. incognita* por gramo de raíces; CISC= Con injerto\_sin control; CIO= Con injerto\_Oxamilo; TA= *Trichoderma atroviride*; CITA= Con injerto\_TA; SIO= Sin injerto\_Oxamilo; SISC= Sin injerto\_Sin Control; SITA= Sin injerto\_TA.

**Figura 2. Diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para la interacción Injerto\_Control, según las variables NMGR, área foliar y peso de raíces.**

### Efecto del factor control

- **Diámetro del tallo y largo de la planta**

Con relación al control, (Figura 3 a y b), los promedios obtenidos en diámetro del tallo y largo de la planta, mostraron la contundencia del control con *T. atroviride* sobre Oxamilo y sin control. Se ha observado en plantas de la variedad Caturra inoculadas con *Trichoderma viride* y *T. harzianum* en vivero, que se produce plántulas de café con alta calidad y vigor, mayor longitud de planta y diámetro del tallo, área foliar, número de pares de hoja y peso seco (Guilcapi, 2009; Cupull et al., 2010).

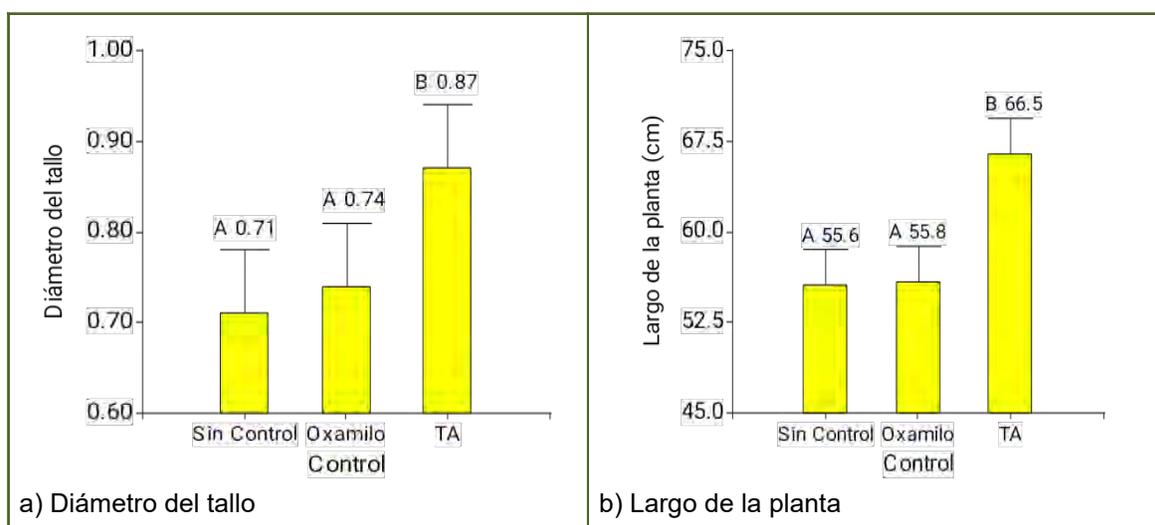
### Efecto del factor injerto

- **Efecto sobre el peso seco**

La propagación por injerto también afectó al peso seco de las plantas. Según se muestra en la Figura 4a, existió una disminución significativa del peso de materia seca en plantas injertadas. Esta disminución en el peso de materia seca se debe a que la propagación por injerto deteriora los mecanismos internos de control del crecimiento, dando a lugar cambios fisiológicos y de nutrición que se expresan como un menor peso de materia seca en las plantas injertadas sobre patrón Robusta (Bragança et al., 2010).



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



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ). TA= Control con *T. atroviride*

**Figura 3. Diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha= 0,05$ ) para el factor control, según las variables diámetro del tallo y largo de las plantas en centímetros.**

Estos cambios fisiológicos y de nutrición que afectan la eficiencia de los mecanismos de absorción y traslocación nutricional de las plantas, varían en forma significativa de acuerdo a la combinación de injerto/portainjerto, y se demuestra con la variedad Oeiras que no se benefició del injerto ya que su producción de materia seca total disminuyó en comparación con plantas no injertadas; a diferencia, Catuaí 15 fue más eficiente en la producción de materia seca y en el uso de boro y Zinc cuando se injertó sobre Conilon, ES-26 y ES-23. Otro aspecto importante es que en plantas injertadas se producen valores bajos de absorción de nutrientes como boro, hierro y manganeso debido a la influencia negativa del patrón utilizado. Por estas razones, se puede inferir que el sistema de raíces de la especie *C. canephora* es muy sensible a la toxicidad por micronutrientes como B, Zn, Fe, Mg, lo que produce niveles críticos de micronutrientes en las hojas, mucho menor que en *C. arabica*. (Alfonsi, 2003; Tomaz et al., 2011; Ferreira et al., 2013).

- **Efecto sobre el peso de follaje y tallo, diámetro del tallo y largo de planta**

En cuanto al factor injerto, las variables peso de follaje y tallo, diámetro del tallo y largo de plantas tuvieron un mejor comportamiento en plantas sin injerto (Figura 4b, c y d).



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

El efecto del injerto sobre las variables en estudio es controversial, pues se ha encontrado interacciones no significativas entre variedades e injerto, o entre plantas injertadas versus no injertadas en variables como la altura de planta y número de ramas del tallo principal; además, de resultados variados a favor y en contra del injerto, asociados a las variedades usadas como injerto y las usadas como porta injerto (Tomaz et al., 2000a; Castro et al., 2010; Reyes González et al., 2016).

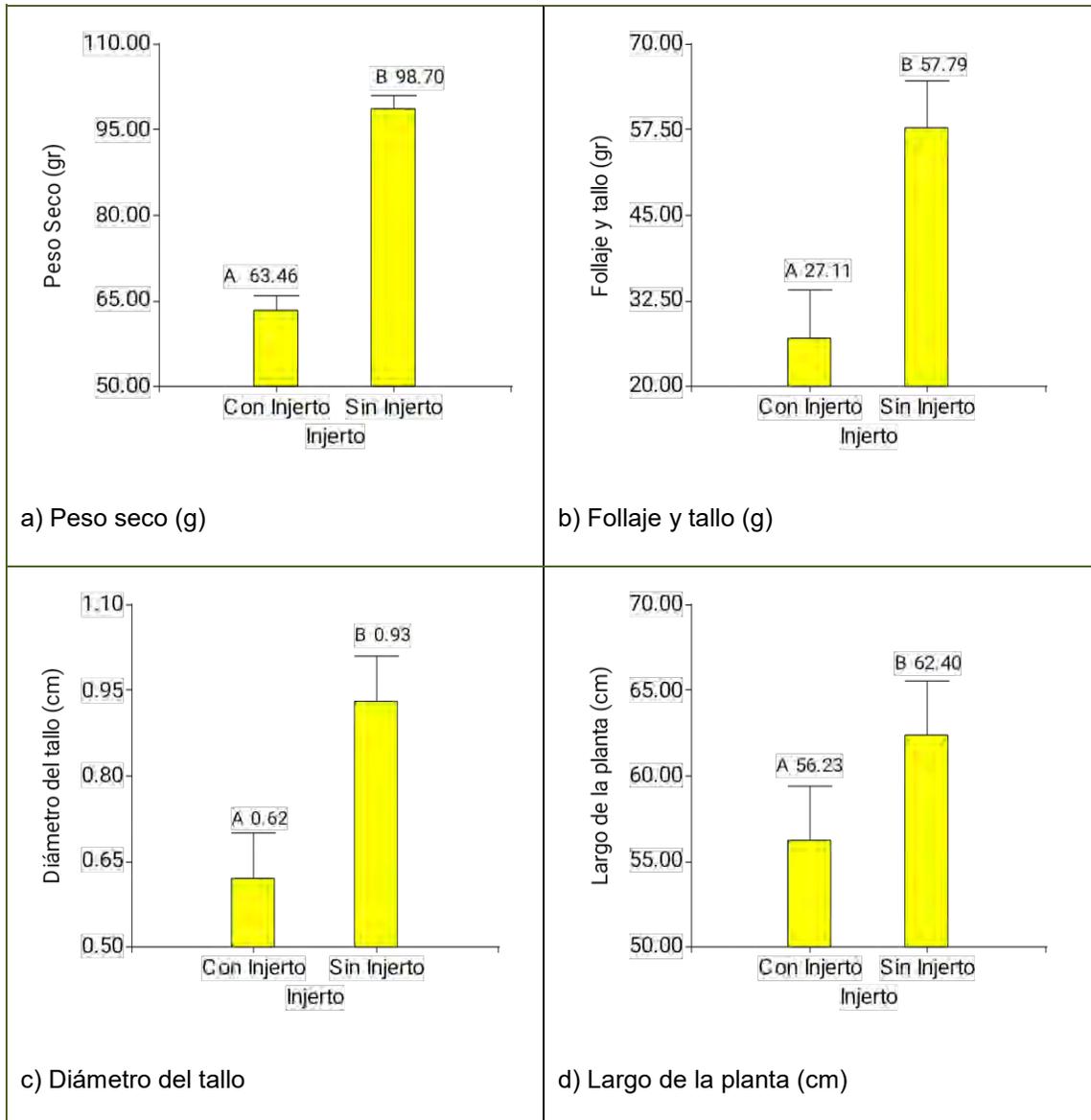
En plantas jóvenes de *C. arabica* injertadas sobre *C. canephora* hubo mayor desarrollo de la parte aérea hasta 1,8 veces más follaje, mayor tasa relativa de crecimiento hasta 1,4 veces más grandes que en plantas no injertadas (Costa et al., 1991; Fahl et al., 1988; Tomaz et al., 2000b). En suelos altamente infectados por *M. incognita* los cafetos injertados sobre patrón de Robusta presentaron buena tolerancia, superando en un 30% en producción a los no injertados, aumentos significativos de altura, diámetro de la copa y producción de plantas injertadas, en comparación con no injertadas (Fazuoli et al., 1983; Paz González y Escamilla Prado, 2016).

### **Efecto del factor variedad**

El efecto independiente del factor variedad solo se manifestó sobre el largo de las plantas. La variedad Caturra es más alta que Pacamara (Figura 5), aunque ambas variedades son de tamaño bajo, existe la posibilidad de que Pacamara sea más baja y compacta por la heredabilidad de la variedad Pacas, uno de sus progenitores; también, hay que tomar en cuenta las diferencias fisiológicas entre variedades con relación a la eficiencia nutricional y su influencia sobre el contenido de materia seca como se ha explicado anteriormente (Ferreira et al., 2013).



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

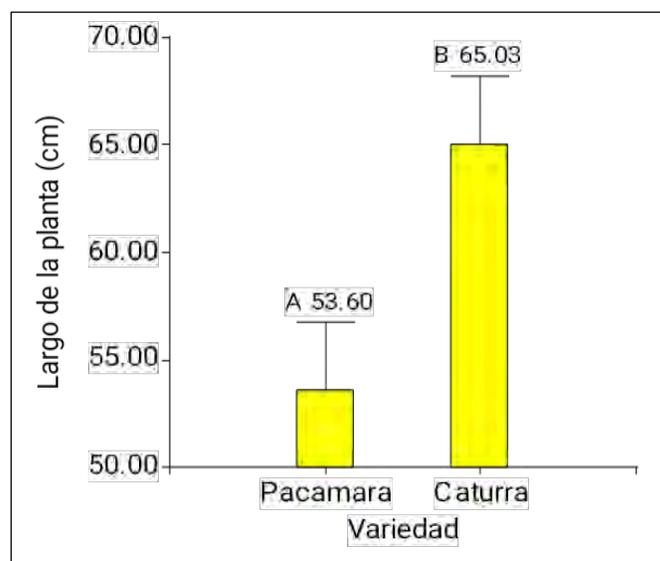


Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 4. Diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para el factor injerto, según las variables peso seco, follaje y tallo, diámetro del tallo y largo de las plantas.**



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



Notas: Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

**Figura 5. Diferencias mínimas significativas de Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) para el factor variedad, según el largo de las plantas.**

## CONCLUSIONES

- La práctica de injertar *C. arabica* var. Caturra y Pacamara en patrón de *C. canephora* var. Robusta como método de manejo para el control de *Meloidogyne incognita* en la fase de vivero, no causó disminución significativa en las poblaciones de este nematodo en las raíces del porta injerto.
- El manejo de *M. incognita* con el uso de *Trichoderma atroviride*, una práctica de control biológico compatible con el medio ambiente, demostró ser altamente efectiva debido a la reducción significativa de las poblaciones del nematodo en las raíces del porta injerto.
- El uso de Oxamilo como práctica de control químico para el manejo de *M. incognita* también fue efectivo, pues disminuyó las poblaciones del nematodo en las raíces; sin embargo, se debe tomar en cuenta su alta toxicidad e impacto que sobre el ambiente tiene este nematicida; siendo preferible, el uso *T. atroviride* a una concentración de  $1,0 \times 10^9$  esporas/mL, aplicado sobre el suelo de la bolsa a dosis de 10 mL/planta al momento del trasplante. De esta manera, se obtiene una protección altamente efectiva,



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

sin detrimento del crecimiento y vigor de las plantas y sin riesgos humanos y ambientales.

- Por otra parte, la práctica del injerto de *C. arabica* var. Caturra y Pacamara en patrón *C. canephora* reveló efectos altamente perjudiciales en el crecimiento y vigor de las plantas en vivero, además de evidenciarse claramente la proliferación de la enfermedad Mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berk y Cook en el follaje.

## REFERENCIAS

- Alfonsi, E. L. (2003). Avaliação do potencial para porta-enxerto de genótipos de *coffea*, por meio de características fisiológicas de crescimento, trocas gasosas fotossintética e nutrição mineral. [Tesis Mag. Sao Paulo. Brasil. Campinas]. 87 p.
- Alpizar, E., Etienne, H., y Bertrand, B. (2007). Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. *Crop Protection*. 26(7): 903-910. Solo resumen.
- Anastasiadis, I. O., Giannakoub, D. A., y Prophetou-Athanasiadouc, S. R. (2008). The combined effect of the application of a biocontrol agent *Paecilomyces lilacinus*, with various practices for the control of root-knot nematodes. *Crop Protection*, 27(3-5):352-361.
- Anzueto, F., Bertrand, B., y Dufour, M. (1995). Nemaya. Desarrollo de una variedad porta-injerto resistente a los principales nematodos de América Central. Boletín Promecafe. 66-67:13-14. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7910>
- Asociación de Productores de Renacimiento. (2014). Plan estratégico para la Caficultura de Renacimiento 2015-2020. Panamá. 49 p.
- Barros, A. F., Oliveira, R. D. L., Lim, I. M., Coutinho, R. R., Ferreira, A. O., y Costa, A. (2014). Root-knot nematodes, a growing problem for Conilon coffee in Espírito Santo State, Brazil. *Crop Protection*, 55:74-79. Solo resumen.



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

- Bertrand, B., Ramirez, G., Topart, P., y Anthony, F. (2002). Resistance of cultivated coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) trees to corky-root caused by *Meloidogyne arabicida* and *Fusarium oxysporum*, under controlled and field conditions. *Crop Protection*, 21:713-719.
- Bragança, S. M., Martínez, H. E. P., Leite, H.G., Santos, L. P., Lani, J. A., Sedyama, C. S., y Álvarez, V. H. (2010). Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro Conilon. *Ceres*, 57(1):48-52.
- Caillaud, M. C., Dubreuil, G., Quentin, M., Perfus- Barbeoch, L., Lecomte, P., de Almeida Engler, J. A., Abad, P., Rosso, M. N., y Favery, B. (2007). Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. *Journal of Plant Physiology*, 165(1):104-113. Solo resumen.
- Carrillo, F. J., García, E. R., Allende, M. R., Márquez, Z. I., y Cruz, O. J. (2000). Identificación y Distribución de Especies del Nematodo Nodulador (*Meloidogyne* spp.) en Hortalizas, en Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2):115-119.
- Castro, C. B. L., Cortina, G. H. A., y Sánchez, A. P. M. (2010). Evaluación de injertos de café sobre patrones resistentes a *Ceratocystis fimbriata*. *Ell. Halts. Hunt. Cenicafé*, 61(1):46-54.
- Costa, W. N., Goncalves, W., y Fazuoli, L. C. (1991). Producao do café mundo-novo em porta-enxertos de *Coffea canephora* en area infestada com *Meloidogyne incognita* raza 1. *Nematologia Brasileira*, 15(1):43-50. Solo resumen.
- Cupull, S. R., Ortiz, A. A., y Sánchez, E. C. (2010). Efecto de *Trichoderma viride* Rifai en el desarrollo de los injertos hipocotiledonares de café. *Centro Agrícola*, 37(4):37-40.
- de Paiva Custódio, A. A., Pozza, E. A., da Silva Costa G, S., Koshikumo Maneti, E. S., Agredo Hoyos, J. M., y de Souza, P. E. (2011). Comparison and validation of



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

diagrammatic scales For brown eye spots in coffee tree leaves. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6): 1067-1076.

Di Rienzo, J. A., Balzarini, M. G., Casanoves, F., González, L. A., Robledo, C. W., y Tablada, E. M. (2008). *InfoStat, versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 334 p.

Duicela Guambi, L. A., Corral Castillo, R., Zambrano Azúa, L., Romero Romero, F., y Palma Ponce, R. (2003). *Injertación de variedades de café arábigo sobre patrón de café Robusta*. Consejo Cafetalero Nacional. Manabí, Ecuador. pp. 213-228.

Durán-Mora, J., y Guzmán, T. (2017). Comportamiento de nematodos fitoparásitos en dos sistemas de cultivo de tomate convencional en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 30(3): 11 p.

Fahl, J. I., Caravalo Carelli, M. L., Gallo, P. B., Marques da Costa, W., y de Salvo Soares Novo, M. do C. (1998). Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. *Bragantia*, 57(2):297-312.

Fazuoli, L. C., Costa, W. M., y Bortoletto, N. (1983). Efeito do porta-enxerto LC2258 de *Coffea canephora*, resistente a *Meloidogyne incognita*, no desenvolvimento e produção iniciais de dois cultivares de *Coffea arabica*. En Redcafe (eds). Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras. Brasil. pp.113-115.

Ferreira, A. D., Rodríguez C, G., Costa de Rezende, J., Machado Rezende, R., Botelho, C. E., y de Carvalho, A. M. (2013). Dinámica de micronutrientes en las plantas de café injertados. *Ceres*, 60(2):262-269.

Ferreira, P., Ferraz, S., López, E., y Grassi, L. (2008). Parasitismo de ovos de *Meloidogyne exigua* por fungos nematófagos e estudo da compatibilidade entre os isolados fúngicos. *Tropica Ciências Agrárias e Biológicas*. 2(3):15.



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

- Franco, A. L. C., Knox, M. A., Andriuzzi, W. S., de Tomasel, C. M., Sala, O. E., y Wall, D. H. (2017). Nematode exclusion and recovery in experimental soil microcosms. *Soil Biology and Biochemistry*, 108:78-83. Solo resumen.
- Godoy, T., y Yáñez, M. (1999). *El nematodo agallador*. Memorias del curso de fitopatógenos del suelo en hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Méjico, 19-22 p.
- González, F. M., Hernández, A., Casanova, A., Depestre, T., Gómez, L., y Rodríguez, M. G. (2008). El injerto herbáceo: Alternativa para el manejo de Plagas del suelo. *Protección Vegetal*, 23(2): 69-74.
- Guerra-Castillo, B. D. (2004). Experiencias del manejo de las enfermedades fungosas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en finca de pequeños caficultores en la aldea La Montaña, Moyuta, Jutiapa. [Tesis Lic. Ciudad de Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos]. 55 p.
- Guilcapi, E. D. (2009). Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra a nivel de vivero. [Tesis Lic. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. 95 p.
- Guzmán P, O. A., y Castaño Z, J. (2010). Identificación de Nematodos Fitoparásitos en Guayabo (*Psidium guajava* L.), en el Municipio de Manizales (Caldas), Colombia. *Academia Colombiana de Ciencia*, 34(130):117-125.
- Leguizamon Caycedo, J. E. (1987). *Los nematodos del cafeto en Colombia y su control*. CENICAFE. Colombia. pp. 73-80.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/713/13/13%20Nematodos%20cafeto%20y%20control.pdf>
- Lima López, M. K. (2015). Evaluación de productos alternativos para el control de nematodos asociados a café, en Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa. [Tesis Lic. Jutiapa. Guatemala. Universidad Rafael Landívar]. 90 p.



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

- López, I. G. (2009). Control de *Meloidogyne* sp. en viveros de café (*Coffea arabica* L.) mediante el hongo *Paecilomyces lilacinus*. [Tesis Ph.D, El Salvador, Universidad de El Salvador]. 84 p.
- Muñoz, J. (2014). *Metodología para multiplicación de hongos endofíticos*. PCCMCA (Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales). 59, 2014, Managua, Nicaragua. Panamá, IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). Poster.
- Paz González, A., y Escamilla-Prado, E. (2016). *Manual de propagación de cafetos injertados*. 2ª. ed. Veracruz, México. Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 31 p.
- Rengifo G, H. G., Leguizamon C, J. E., y Riaño H, N. M. (2006). Incidencia y severidad de la mancha de hierro en plántulas de *Coffea arabica* en diferentes condiciones de nutrición. *Cenicafé*, 57(3):232-242.
- Reyes González, F; Escamilla Prado, E; Pérez Portilla, E; Almaguer Vargas, G; Curiel Rodríguez, A; Hernández Gómez, J. A. (2016). Evaluación de productividad, calidad física y sensorial del grano del café (*Coffea arabica* L.), en cafetos injertados en el CRUO, Huatusco, Veracruz. *Geografía Agrícola*, 56:45-53. <https://www.redalyc.org/pdf/757/75749287006.pdf>
- Reyna, E. H. (1966). *Un nuevo método de injertación en café*. Dirección General de Investigación y Control. Ministerio de Agricultura. Guatemala. Boletín técnico N° 21: 40 p.
- Rodríguez, R. C., Corbea Suárez, O., Barroso, R., y Cardoso González, E. M. (2006). Evaluación de la efectividad de *Trichoderma harzianum* en el control de *Meloidogyne incognita* en la agricultura urbana de la provincia de Matanzas, Cuba. *Fitosanidad*, 10(2):11.



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

- Rojas, M., y Salazar, L. (2013). Densidad crítica de *Meloidogyne exigua* en plantas de almácigo De café variedad Caturra. *Agronomía Costarricense*, 37(2):115-123.
- Sahebani, N., y Hadavi, N. (2008). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(8):2016-2020. Solo resumen.
- Sandoval, B., y Claudio, R. (2004). Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). Universidad de Talca, Chile. 53 p.
- Sharon, E., Bar, M., Chet, I., Herrera, A. E., Kleifeld, O., y Spiegel, Y. (2001). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Biological Control*, 91(7):687-693.
- Shuang, Z., Hui-cai, Z., y Zhi-qiang, J. (2017). Influences of different tillage and residue management systems on soil nematode community composition and diversity in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, 107: 234–243. Solo resumen.
- Snedecor, G. W., y Cochran, W. (1970). Métodos estadísticos aplicados a la investigación agrícola y biológica. 3ª edición. Méjico. Editorial Continental, S. A. 626p.
- Szabó, M., Urban, P., Viranyi, F., Kredics, L., y Fekete, C. (2013). Comparative gene expression profiles of *Trichoderma harzianum* proteases during *in vitro* nematode egg-parasitism. *Biological Control*, 67(3): 337-343. Solo resumen.
- Tomaz, M. A., Martínez, H. E. P., Rodríguez, W. N., Ferrari, R. B., Pereira, A. A., y Sakiyama, N. S. (2011). Eficiencia de absorción y la utilización de boro, zinc, cobre y manganeso en plántulas de café injertado. *Ceres*, 58(1):108-114.
- Tomaz, M. A., Sakiyama, N. S., Martínez, H. E. P., Pereira, A. A., Cruz, C.D., y Zambolim, L. (2000a). *Avaliação do desenvolvimento vegetativo de mudas enxertadas de*



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

*cafeeiros*. II simposio de pesquisas dos café do Brasil. pp. 90-93.  
[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simposio1/Agro25.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio1/Agro25.pdf)

Tomaz, M. A., Ferrari, R. B., Cruz, C. D., Martínez, H. E. P., Fonseca, A. F. A., Pereira, A. A., y Sakiyama, N.S. (2000b). *Crescimento de raiz e parte aérea de plantas de cafeeiro enxertadas, cultivadas em vaso*. II simposio de pesquisas dos café do Brasil. pp. 148-151.  
[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simposio4/p148.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio4/p148.pdf)

Yuji, J., Bo, S., Chen, J., y Feng, W. (2013). Soil aggregate stratification of nematodes and microbial communities affects the metabolic quotient in an acid soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 60:1-9. Solo resumen.

Zhang, S. W., Gand, Y. T., y Xu, B. L. (2015). Biocontrol potential of a native species of *Trichoderma longibrachiatum* against *Meloidogyne incognita*. *Applied Soil Ecology*, 94:21-29. Solo resumen.



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

## ZONAS DE RECARGA HIDRÍCA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO GÜERA<sup>1</sup>

**Sugey Y. Bustamante Rodríguez<sup>2</sup>; David Urriola Escudero<sup>3</sup>; Luis C. Díaz Henríquez<sup>4</sup>**

### RESUMEN

El estudio se realizó en la parte media de la cuenca hidrográfica del río Tonosí (N°124), particularmente la subcuenca hidrográfica del río Güera: 7°36'03" de latitud norte, 80°33'05" de longitud oeste. El objetivo del estudio fue identificar, caracterizar y delimitar las fuentes de agua con potencial de zonas de recarga hídrica. Se evaluaron variables como: Pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo. Se le otorgaron valores porcentuales a cada variable de acuerdo a su nivel de importancia. Resultaron 10 fuentes priorizadas de recarga hídrica, considerando que deben contar con los tres estratos de sistemas de producción agropecuaria y ganadería extensiva, entre otras características propias de la zona en estudio. Las fuentes de agua, con mayor potencial como zonas de recarga hídrica fueron la fuente uno, con muy alta (4,33) y las fuentes cinco, siete, nueve y 10, con 3,99; 3,58; 3,86 y 3,36, respectivamente; con alta posibilidad de recarga o las más propicias para que ocurra el proceso de recarga; seguido de la fuente cuatro, seis y ocho, con 2,96; 3,13 y 3,36, respectivamente, como moderada posibilidad de recarga. Finalmente, las fuentes dos y tres, con 2,09 y 2,44, respectivamente, resultando con baja posibilidad de recarga, y que requieren de mayor atención con acciones inmediatas de manejo integral de las zonas.

**Palabras clave:** Zonas de recarga hídrica, fuentes de agua, protección y manejo.

<sup>1</sup> Recepción: 20 de marzo de 2021. Aceptación: 14 de octubre de 2021.

<sup>2</sup> Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). M.Sc. Manejo de Cuencas Hidrográficas.

e-mail: [sugbust29@hotmail.com](mailto:sugbust29@hotmail.com)

<sup>3</sup> Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). M.Sc. Agricultura Tropical.

e-mail: [ingdavidurriola4@gmail.com](mailto:ingdavidurriola4@gmail.com)

<sup>4</sup> Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Ing. Manejo de Producción Animal.

e-mail: [luiscdiaz74@hotmail.com](mailto:luiscdiaz74@hotmail.com)



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

## WATER CHARGING AREAS IN THE GÜERA RIVER SUB-BASIN

### ABSTRACT

The study was carried out in the middle part of the Tonosí river basin (N° 124), particularly the Güera river sub-basin: 7°36'03" north latitude, 80°33'05" west longitude. The objective of the study was to identify, characterize and delimit water sources with potential for water recharge zones. Variables such as: Slope, type of soil, rock type, vegetation cover and land use were evaluated. Percentage values were assigned to each variable according to their level of importance. As a result, 10 prioritized sources were characterized considering whether they are owned or private property, and that they have the three strata of agricultural production systems and extensive livestock, among other characteristics of the area under study. The water sources with the greatest potential as water recharge zones were zone one, with very high (4,33) and zones five, seven, nine and 10, resulting with 3,99; 3,58; 3,86 and 3,36, respectively; with high possibility of recharging or the most conducive for the recharging process to occur; followed by zones four, six and eight, with 2,96; 3,13 and 3,36, respectively, as a moderate possibility of recharging. Finally, zones two and three, with 2,09 and 2,44, respectively, resulting in a low possibility of recharging, and which require greater attention with immediate actions for the comprehensive management of the zones.

**Key words:** Water recharge zones, source of water, protection and management.

### INTRODUCCIÓN

El consumo de agua se ha multiplicado por seis en el último siglo y crece a un ritmo de un 1% anual (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2020). Considerando, que el cambio climático se manifiesta en el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos tales como las tormentas, las inundaciones y sequías o las olas de calor que agravarán la situación de los países que actualmente sufren 'estrés hídrico' y generará problemas similares en áreas que no se han visto gravemente afectadas. Además, el informe destaca el hecho de que la mala gestión del agua tiende a exacerbar los impactos del cambio climático no sólo de los recursos hídricos, sino de la sociedad en su conjunto.

Regionalmente, los países, se ven gravemente afectados por la variabilidad climática y los fenómenos atmosféricos extremos y se prevé que continuarán



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

produciéndose los cambios observados en el flujo fluvial y la disponibilidad de agua, afectando a las regiones vulnerables tanto en América Central como del Sur. Sin embargo, América Latina y el Caribe están bien dotados de recursos hídricos. Poseen el 15% del territorio global, el 10% de la población mundial y reciben el 29% de las precipitaciones del planeta. Sin embargo, la distribución espacial y temporal es desigual; los lugares más áridos y más húmedos del planeta se encuentran en la región, por lo tanto, la disponibilidad de agua para sus diferentes usos puede variar considerablemente entre países, y dentro de distintas áreas en un mismo país (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

Según estudios realizados en 93 países en desarrollo en los que escasea el agua, se están explotando las reservas de agua más deprisa de lo que se pueden renovar. Para estos países que se encuentran en una situación crítica, esto significa que para satisfacer las necesidades agrícolas deben extraer más de un 40% del total de sus recursos hídricos renovables. Otros ocho países están bajo presión, ya que para satisfacer las necesidades de la agricultura deben extraer más del 20% del total de sus recursos hídricos (FAO, 2018).

El recurso hídrico es de gran importancia para los ecosistemas y la subsistencia de la población humana, lo que lo convierte en un recurso integral que incorpora la interacción de los diferentes sistemas y la influencia de la actividad humana.

Pero, a pesar de la importancia que tiene este vital líquido, existe un deterioro generalizado de las zonas de recarga hídrica causada por la intervención del hombre en el desarrollo de actividades agrícolas, industriales, extracción de leña, construcción de viviendas y actividades pecuarias entre otros en sitios no apropiados y con la implementación de prácticas inadecuadas que como producto están incidiendo negativamente en calidad y cantidad de agua en las fuentes superficiales y subterráneas, situación a la que Panamá no es ajena, es más, consciente de la situación, el país, ha realizado intentos a favor de conservar las fuentes y zonas potenciales de recargas hídricas a nivel nacional, caso particular de las subcuencas del río Güera y río Quema, con la intención, la cual cuenta con escasa información, aun siendo afluentes importantes de la



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

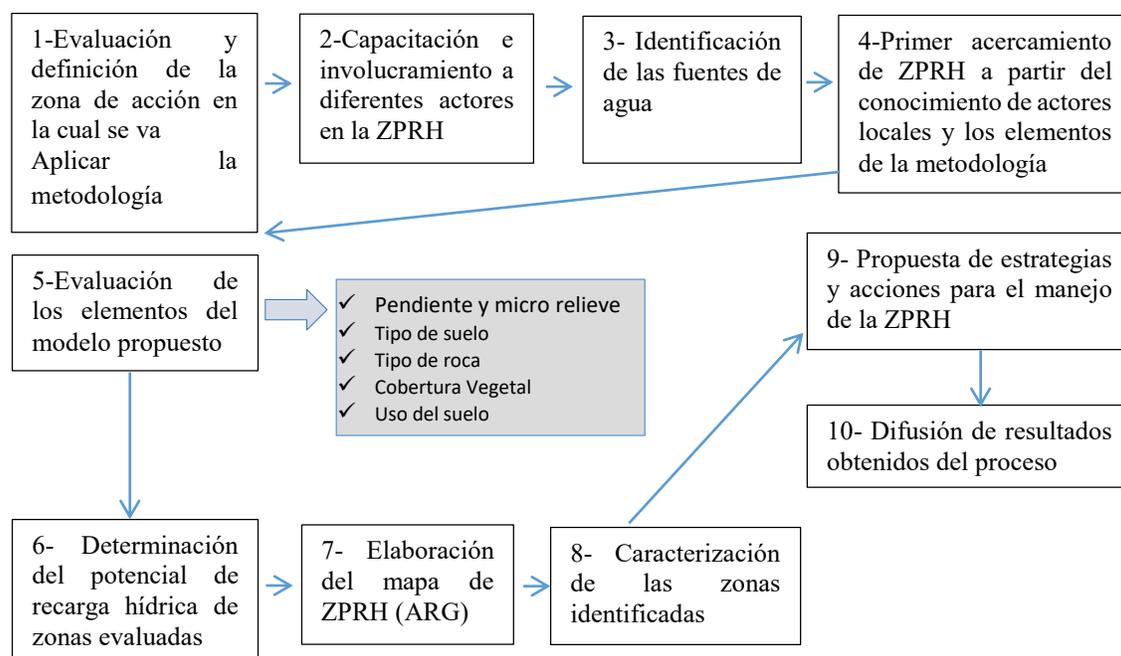
cuenca principal (Río Tonosí), a través del estudio se plantea la caracterización de las fuentes de agua, y que resulten producto de la evaluación de las variables, zonas con potencial de recarga hídrica, gracias a la aplicación de la metodología de identificación participativa de cuencas hidrográficas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

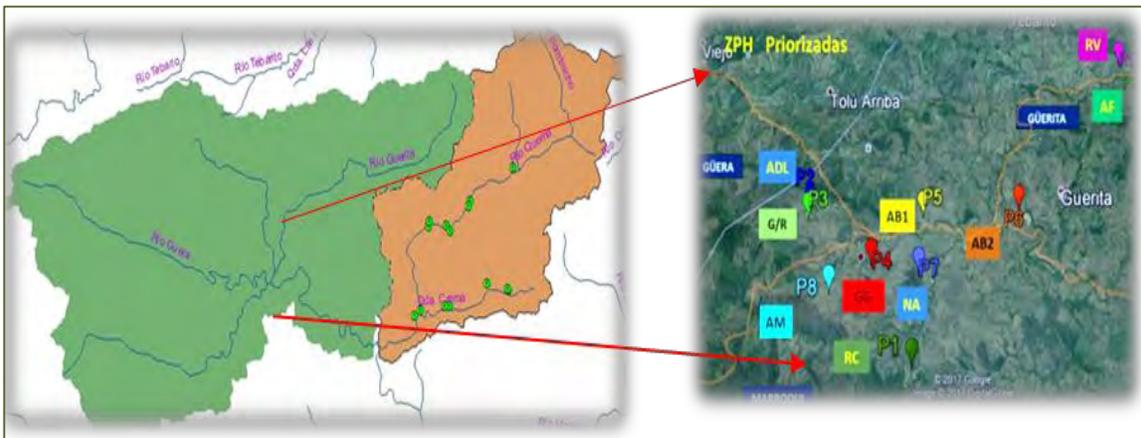
El estudio se desarrolló en la parte alta/media de la cuenca del río Tonosí, específicamente en puntos específicos afluentes de la sub cuenca hidrográfica del río Güera: 7°36'03" de latitud norte, 80°33'05" de longitud oeste, a una altitud de 300 m, 350 mm/año, con 28 °C y 90% humedad relativa. La época lluviosa es de mayo a noviembre. Los suelos son inceptisoles, con textura franca a franca arcillosa, quebrados, fuertemente ondulados y con pendientes entre 20% y 60%, en su mayoría (Figura 1).

Se evaluaron 10 fuentes de agua, como posibles zonas con potencial de recarga hídricas, basándose en la metodología descrita por Matus, 2009; respondiendo a 10 pasos, como se describen a continuación:

### Inventario y caracterización participativa de fuentes de agua (Matus, 2009):



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



a. b.

**Figura 1. Cuenca alta y media del Río Tonosí (a), fuentes caracterizadas como zonas de recarga hídrica (b).**

Seguido, para la determinación del potencial de recarga en las fuentes evaluadas, se indica la ecuación siguiente, donde se sustituye cada uno de los elementos que integran el modelo por los valores respectivos obtenidos en los reportes de datos en campo:

$$ZP= [0,27(Pend)+0,23(Ts)+0,12(Tr)+0,25(Cve)+0,13(Us)]$$

Dónde: ZR= zona de recarga hídrica; Pend= pendiente; Ts= tipo de suelo; Tr= tipo de roca; Cve= cobertura vegetal; Us= uso del suelo. Los valores dados en la ecuación (0,27; 0,23; 0,12; 0,25; 0,13) son los factores de peso de cada elemento según su importancia o influencia. La ponderación de cada elemento del modelo va de 1 a 5, donde 1 es el valor más bajo; o sea que el que presenta las características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta.

En la fase de campo, inicialmente se desarrolló un primer taller, donde se generó mapa participativo, con los actores involucrados, integrado por miembros de las comunidades, propietarios de las zonas de recargas hídricas, productores y autoridades locales, quienes tienen conocimientos, fortalezas y capacidades de acuerdo a su profesión y experiencia en el tema. Posteriormente y tomando en consideración el estado y manejo actual de las zonas de recarga se levantó un análisis técnico y ambiental, de las posibles



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

alternativas tecnológicas y estrategias viables para la sostenibilidad en las mismas, como preámbulo a un plan de acción y manejo en cada una de ellas, a mediano y largo plazo. Finalmente, el desarrollo de la metodología participativa, busca incentivar la toma de conciencia de los actores y los gobiernos locales, e implementación de acciones de protección de las fuentes de agua, de las cuales se abastecen las familias, para garantizar la producción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicabilidad de la metodología propuesta, en campo inicia, a través del análisis de la información obtenida durante el proceso de consulta, como resultado del taller consultivo participativo, donde además se propuso cumplir con los tres primeros pasos de la metodología propuesta (evaluación y definición de la zona de acción, gracias a la confección de un mapa participativo entre todos los actores; igualmente se facilitó capacitación con el propósito es que los pobladores conocieran y se familiarizaran con los conceptos y elementos básicos para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica, claros técnicamente que nadie mejor que ellos conocen su territorio. A partir de este conocimiento local, se elabora entonces un mapa de la comunidad para la localización de las fuentes, de acuerdo a flujos de agua, tipo de fuente (pozos, ojo de agua), y permanencia de la misma), temporal o permanente. Posterior, se programa acercamiento a las fuentes priorizadas, para su georreferenciación y evaluación de cada elemento del modelo propuesto.

### ***Evaluación de los elementos del modelo propuesto:***

El modelo propuesto está formado por los siguientes elementos:

- Pendiente y microrrelieve (*Pend*)
- Tipo de suelo (*Ts*)
- Tipo de roca (*Tr*)
- Cobertura vegetal (*Cve*)
- Uso de suelo (*Us*)

*Ecuación:  $ZR = [0,27(Pend) + 0,23(Trs) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$*



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

Donde: ZR= zona de recarga hídrica; Pend= pendiente; Ts= tipo de suelo; Tr= tipo de roca; Cve= cobertura vegetal; Us= uso del suelo. Los valores dados en la ecuación (0,27; 0,23; 0,12; 0,25; 0,13) son los factores de peso de cada elemento según su importancia o influencia en la infiltración. *Y en función de* la importancia del elemento en el proceso de infiltración del agua, se asignó el peso relativos a cada elemento del modelo. Así, entonces la ponderación de cada elemento del modelo va de 1 a 5, donde 1 es el valor más bajo; o sea que el que presenta las características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta. Finalmente, la asignación de peso a cada elemento, se hace por apreciación de los actores que participan del proceso de caracterización, y sobre todo a las características de cada cuenca, buscando garantizar sostenibilidad de los flujos de recarga.

Posteriormente, a la evaluación realizada, se procedió a la descripción de las características de cada fuente, con potencial de recarga hídrica; incluyendo datos de la pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal permanente, usos del suelo, entre otros, a fin de dar una idea clara del sitio. Esta descripción que continua, permitió analizar las características que pudieran estar afectando la recarga hídrica, y así entender mejor la influencia de los elementos que conforman la ecuación del modelo.

### **Pendiente**

Considerando que, en el relieve, se pueden identificar superficies planas, cóncavas y convexas, entonces se hace importante señalar, que en las superficies convexas el agua se mueve dispersándose en distintas direcciones; en las superficies planas inclinadas, la trayectoria del agua sigue direcciones casi paralelas y en las cóncavas se desplaza concentrándose en el lugar más bajo (UNESCO, 1986), y además directamente relacionada con la escorrentía superficie e influye en la recarga hídrica. La determinación de la pendiente se realiza con la matriz que aparece en el Cuadro 1.



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

**Cuadro 1. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según pendiente y microrrelieve.**

Microrrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de Recarga	Ponderación
Suelo plano a casi plano, con o sin rugosidad	0-6	Muy Alta	5
Suelo moderadamente ondulado/cóncavo	6-15	Alta	4
Suelo ondulado/cóncavo	15-45	Moderada	3
Suelo escarpado	45-65	Baja	2
Suelo fuertemente escarpado	>65	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.



### Tipo de suelo

A través de este tipo de metodología participativa, los actores locales pueden evaluar en campo dos elementos que influyen en la permeabilidad del suelo: la textura y la capacidad de infiltración. Según Cubero (2001), la textura se puede determinar al tacto humedeciendo cierta cantidad de suelo. En suelos con alta capacidad de infiltración (suelos con textura, gruesa, porosos, permeables tienen gran capacidad de recarga hídrica, contrario a los de textura fina, arcillosos, pesados y compactos, que impiden o dificultan la capacidad de recarga. La matriz del Cuadro 2, permite clasificar los tipos de texturas de suelo.

**Cuadro 2. Ponderación de la capacidad de recarga hídrica del suelo según su textura.**

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelo franco arenoso a arenoso, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios y muy rápida capacidad de infiltración (mayor de 25 cm/h)	Muy alta	5
Suelo franco, con partes iguales de arena, limo y arcilla y rápida capacidad de infiltración (12,7 – 25 cm/h)	Alta	4
Suelo franco limoso, con partículas de tamaño medio a finas y moderada a moderadamente rápida capacidad de infiltración (2 – 12,7 cm/h)	Moderada	3
Suelo franco arcilloso, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación y lenta a moderadamente lenta capacidad de infiltración (0,13 – 2 cm/h)	Baja	2
Suelo arcilloso, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración (menor de 0,13 cm/h)	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.



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

## Tipo de roca

Al igual que con el tipo de suelo, las características de las rocas que determinan la recarga son la porosidad y permeabilidad, y a través del análisis y evaluación del tipo de roca, se puede conocer si existe una capa de material rocoso o arcilla impermeable que no permite el paso del agua hacia el acuífero, o si se forman flujos de agua subsuperficial con movimiento horizontal que luego salen a la superficie a través de un manantial, o alimentan un río (Instituto Nacional de Bosques [INAB], 2003). Para evaluar las características de las rocas, se empleó la matriz del Cuadro 3.

**Cuadro 3. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca.**

Roca	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados, arena gruesa, piedra pómez, grava o cascajo.	Muy alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados, con poca cementación, arena fina, arenisca.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular interconexión de poros.	Moderada	3
Rocas poco permeables, algo duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas, grava combinada con arcilla.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.



## Cobertura vegetal permanente

La cobertura vegetal multiestratificada, favorece la recarga hídrica y ayuda a conservar las características del suelo y en consecuencia favorecen la recarga, ya que influye en la infiltración del agua al permitir mayor contacto con el suelo y disminuir la velocidad de escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequeidad causada por los rayos del sol. La determinación del porcentaje de cobertura, se puede determinar con la ayuda del Cuadro 4.



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

**Cuadro 4. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el porcentaje de cobertura vegetal.**

Porcentaje	Posibilidad de recarga	Ponderación
>80%	Muy alta	5
70-80%	Alta	4
50-70%	Moderada	3
30-50%	Baja	2
<30%	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.



### Uso del suelo

El análisis y evaluación del uso del suelo -o el cambio de uso este elemento, se puede realizar en campo con la participación de los diferentes actores locales a través de un recorrido que permita visualizar los diferentes usos que se dan en la zona potencial de recarga hídrica, que además influye tanto en el deterioro de las características del suelo (erosión y compactación), como en la reducción de la capacidad de infiltración y de recarga hídrica. El Cuadro 5, orienta a la ponderación de este factor.

**Cuadro 5. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica de acuerdo al uso del suelo.**

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque que presentan los tres estratos: árboles, arbustos y hierbas o zacate denso	Muy alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	Moderada	3
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	Baja	2
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	Muy baja	1

Fuente: Matus, 2009.



Al final, para determinar la posibilidad de recarga hídrica de cada fuente identificada, se procede a multiplicar el resultado obtenido en la evaluación por su factor correspondiente y se suman los elementos, posteriormente, éstas sumatorias de las ponderaciones alcanzadas por el total de los elementos, dará un valor que representa las posibilidades de que ocurra recarga hídrica en un sitio dado, como se indica en el Cuadro 6.



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

**Cuadro 6. Potencial de recarga hídrica según el modelo propuesto.**

Posibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4,1 - 5
Alta	3,5 - 4,09
Moderada	2,6 - 3,49
Baja	2 - 2,59
Muy baja	1 - 1,99

Fuente: Matus. 2009.

A través del estudio, se logró comprobar que metodológicamente, funciona como una herramienta práctica para identificar y delimitar fuentes de agua, con potencial de recarga hídrica, y de bajo costo, permitiendo, además, el intercambio de conocimiento técnico, entre el saber científico y la experiencia en campo de los actores primarios, de manera participativa, como principio fundamental en el manejo y gestión de los recursos naturales en una cuenca hidrográfica.

Con base a todos los elementos que conforman el modelo propuesto (pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal y uso del suelo), considerando que la cuenca naturalmente cuenta zona de recarga hídrica, se caracterizó las fuentes y priorizarlas como recarga hídrica, independiente de las condiciones climáticas, principalmente precipitación. Sin embargo, para efecto de la aplicabilidad de la metodología, solo se considera la recarga a partir de la infiltración del agua lluvia (como fuente primaria), ya que las zonas de recarga hídrica pueden encontrarse a grandes distancias de la fuente que se aprovecha (Losilla, 1986), y en el caso de la cuenca en estudio, por presentar interconexión de las aguas subterránea, dificulta la identificación de la fuente principal.

En la zona de estudio, resultó que el 50% de las fuentes de agua evaluadas (Cuadro 7), presentan una alta a muy alta capacidad de ser zonas de recarga hídrica. De las cuales, las más favorecidas fueron las fuentes uno, cinco, siete, nueve y diez, con valores ponderados, de 4,33; 3,99; 3,58; 3,66 y 3,35, respectivamente (Cuadro 7), contrariamente a que permanecen sobre pendientes entre 29% y 35% (Cuadro 8), se favoreció la infiltración y recarga de agua al suelo, lo que sugiere quizás que el nivel de cobertura



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

permanente, resultante (más del 80%) y uso de suelo predominante compuesto en su mayoría por multiestrato (árboles, arbustos y hiervas/pasto), influyen en la infiltración del agua, al permitir mayor contacto con el suelo, disminuyendo la velocidad de escorrentía, y por ende la erosión. Estas zonas además nacen sobre suelos franco arenosos, aventajados por su nivel de permeabilidad, textura y capacidad de infiltración (Cubero, 2001), acompañado de rocas suaves con macroporos, fracturadas permeables, que en su conjunto benefician la recarga de los acuíferos.

Escenario un poco variable, a igual latitud, pero diferente altitud de las primeras zonas potenciales de recarga hídricas, resultaron las fuentes cuatro, seis y siete, bajo la categoría moderada (2,96; 3,13 y 2,97, respectivamente) (Cuadro 7), ya que a pendientes planas, entre 11% a 21% (Cuadro 8), rompen el esquema que justifica que en condiciones planas el agua cae a la superficie y su movimiento será lento lo que dará un mayor tiempo para que esta se infiltre (Padilla et al., 2003), sugiriendo que la influencia de factores, como el tipo de suelo (franco arenoso), para las tres zonas, facilita la infiltración del agua, sin embargo, es limitado por la baja cobertura vegetal, a causa de la intervención de la ganadería intensiva, lo que sugiere poco remanente de área boscosa a distancia del acuífero; adicional, el tipo de roca poco permeable, incidiendo significativamente en la categoría moderada zona de recarga hídrica.

Finalmente, las fuentes dos y tres resultaron con categoría bajas, 2,09 y 2,44, respectivamente (Cuadro 7), donde prevalece, pendiente por encima de 50%, rocas tipo impermeable, cobertura vegetal por debajo de 20% (Cuadro 8), a pesar, que el suelo tiene vocación boscosa y árboles en su mayoría dispersos, escenario constatado a través del estudio de vulnerabilidad en la zona de estudio, por Bustamante (2017), donde señala que la quema estacional, y explotación del bosque para leña o construcción de infraestructura habitacional y productiva en las áreas de estudio generan impactos negativos en el bosque, dado que no hay regulación inmediata al respecto; además sigue señalando la autora, que en general, el desarrollo desmesurado de áreas de agricultura y áreas de pasturas para ganadería extensiva, así como la extracción de madera para usos múltiples sin una



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

regulación; están generando impacto negativo, como un factor de riesgo para la fuente con potencial de zona de recarga hídrica.

Empero a futuro, posterior a la delimitación y reforestadas con especies nativas, de las 10 zonas priorizadas, a corto plazo, como se logró avanzar (Figura 2) y posteriormente, en una segunda fase, se espera poder establecer medidas de protección y recuperación de la zona de recarga hídrica, esperando incidir positivamente en la preservación del ecosistema boscoso, encaminada hacia una planificación efectiva a mediano plazo, buscando minimizar la pérdida de las fuentes superficiales (plan de manejo de las fuentes), y que seguro será adaptada por los productores colaboradores.

**Cuadro 7. Fuentes resultantes con posibilidad de recarga hídrica a partir de los criterios evaluados en ecuación propuesta por Matus, 2009.**

<b>Criterios Evaluados</b>							
<b>Sitios</b>	<b>Pendiente del Terreno</b>	<b>Tipo de Suelo</b>	<b>Tipo de Roca</b>	<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Uso Suelo</b>	<b>Suma</b>	<b>Posibilidad de Recarga</b>
<b>F1</b>	0,81	1,15	0,60	1,25	0,52	4,33	Muy Alta
<b>F2</b>	0,54	0,92	0,12	0,25	0,26	2,09	Baja
<b>F3</b>	0,54	1,15	0,24	0,25	0,26	2,44	Baja
<b>F4</b>	0,81	1,15	0,24	0,5	0,26	2,96	Moderada
<b>F5</b>	1,08	0,92	0,48	1,25	0,26	3,99	Alta
<b>F6</b>	1,08	0,92	0,12	0,75	0,26	3,13	Moderada
<b>F7</b>	0,81	1,15	0,48	0,75	0,39	3,58	Alta
<b>F8</b>	0,81	0,92	0,48	0,5	0,26	2,97	Moderada
<b>F9</b>	0,81	0,92	0,36	1,25	0,52	3,86	Alta
<b>F10</b>	0,81	0,92	0,12	1,25	0,26	3,36	Alta

F (1 al 10): Fuentes de agua, resultantes como zonas con potencial de recarga hídricas.



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



**Figura 2. Identificación y ubicación, prácticas de conservación y delimitación de las fuentes de agua, con potencial de recarga hídrica.**

Cuadro 8. Ponderación de las fuentes con potencial de recarga hídrica, según las variables en evaluadas,

## CONCLUSIONES

- La guía metodológica permite caracterizar las fuentes con potencial de recarga hídrica, a través del modelo propuesto promoviendo la participación de los actores locales.
- Los resultados evidencian que características como pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, uso de tierra y cobertura vegetal, del entorno a la fuente de agua, son



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

características biofísicas determinantes, para definir fuentes de agua, con potencial de zonas de recarga hídrica.

- La aplicación de la metodología, evidenció el nivel de aceptación de la población, generando confianza y conciencia hacia la conservación del agua como recurso, lo que garantizaría el establecimiento de una segunda fase, para posibles investigaciones.

## REFERENCIAS

- Bustamante, S. (2017). *Análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental en subcuencas hidrográficas de Quema y Güera, Panamá*, 2015.
- Cox, C. (2006). *Hidrogeología para la determinación de la conductividad hidráulica en la zona no saturada con el infiltrómetro de anillo simple*. Santiago, CL. Universidad de Chile. 11 p.
- Cubero, D. (2001). *Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras*. San José, CR, MAG. 18 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). *Conservación de suelos y agua en América Latina y El Caribe*, Recursos Elementales para la seguridad alimentaria y Los servicios ecosistémicos. <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- Instituto Nacional de Bosques. (2003). *Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural*. Manual Técnico. Guatemala. 106 p.
- Losilla, M. (1986). Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Bases hidrológicas para el manejo de cuencas. [Notas de curso, Turrialba, CR, mayo 1986]. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.



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

Matus, OD. (2009). Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. [Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE]. 186 p.

Padilla, T., Orozco, E., y Salguero, M. (2003). *Manual Técnico para la determinación de áreas de recarga hídrica natural*. Guatemala, 2003.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1986). *Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe: agua, vida y desarrollo*. Ciudad, país. Tomo 2. 120 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Gestión del agua, Elemento clave, para afrontar el Cambio Climático*. <https://es.unesco.org/news/gestion-del-agua-elemento-clave-afrontar-cambio-climatico>.

### **AGRADECIMIENTO**

Los autores agradecen a la empresa MCQ (Minera Cerro Quema, S.A.), por el financiamiento logístico de las actividades.



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

## DINÁMICA DE NUTRIMENTOS EN EL CULTIVO DE CACAO BAJO UN SISTEMA ORGÁNICO<sup>1</sup>

**Jhon Alexander Villalaz-Pérez<sup>2</sup>; José Ezequiel Villarreal-Núñez<sup>3</sup>;  
Adolfo Santo-Pineda<sup>4</sup>; Abiel Gutiérrez-Lezcano<sup>5</sup>**

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar dosis de fertilización, utilizando abono orgánico en el cultivo de cacao. El estudio se realizó en el 2017-2018, utilizando una plantación del clon CCN-51 de cacao, con tres años de edad, ubicada en Nuevo Paraíso, distrito de Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá; con coordenadas de 9°16'49,524" de latitud norte y 82°24'51,250" de longitud oeste. La precipitación promedio es de 3,300 mm·año<sup>-1</sup>. La investigación consistió en la aplicación de cinco tratamientos de abono orgánico, previamente caracterizados (0, 5, 10, 15 y 20 Mg·ha<sup>-1</sup>) en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El área total seleccionada para ubicar los tratamientos fue de 400 m<sup>2</sup>; cada parcela consistió de 18 m<sup>2</sup>, seis árboles por tratamiento por repetición. Muestras de suelo a una profundidad de 0,30 m y tejido foliar fueron tomadas antes de aplicar los tratamientos y un año después de aplicados. Se realizaron regresiones para determinar el tratamiento adecuado. Se observaron diferencias significativas (P<0,05) entre los tratamientos para las variables del suelo como pH, CO, N, P, K excepto las variables Ca y Mg. En la absorción de nutrientes se encontraron diferencias significativas para las variables de N, K y Mg; excepto para las variables de P y Ca. La mejor dosis de abono orgánico resultó estar entre 15 Mg·ha<sup>-1</sup> a 20 Mg·ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** Fertilización orgánica, absorción, disponibilidad, suelos dísticos.

<sup>1</sup> Recepción: 11 de marzo de 2021. Aceptación: 20 de mayo de 2021. Este trabajo formó parte del proyecto denominado "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, República de Panamá." Financiado por el Instituto de Innovación Agropecuario de Panamá (IDIAP), Panamá.

<sup>2</sup> Instituto de Innovación Agropecuario de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD). M.Sc. Manejo de suelo y agua. e-mail: [jvillalaz14@gmail.com](mailto:jvillalaz14@gmail.com)

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

<sup>4</sup> IDIAP. CIAD. M.Sc. Manejo de suelo y agua. e-mail: [asantospineda@gmail.com](mailto:asantospineda@gmail.com)

<sup>5</sup> IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Bocas del Toro (CIABT). Ing. Fitotecnia. e-mail: [abiel.gutierrez@yahoo.es](mailto:abiel.gutierrez@yahoo.es)



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

## NUTRIENT DYNAMICS IN COCOA CROP UNDER AN ORGANIC SYSTEM

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate fertilization doses, using organic fertilizer in cocoa crop. It was carried out in 2017-2018, in a cocoa plantation of the clone CCN-51 with three years old, located in Nuevo Paraíso, Almirante district, Bocas del Toro, Republic of Panama; with coordinates of 9°16'49,524" of north latitude and 82°24'51,250" of west longitude. The average rainfall is 3300 mm.year<sup>-1</sup>. The investigation consisted of the application of five treatments of organic fertilizer, previously characterized (0, 5, 10, 15 and 20 Mg·ha<sup>-1</sup>) in a complete randomized block design with three repetitions. The total selected area to place the treatments was 400 m<sup>2</sup>; each plot consisted of an area of 18 m<sup>2</sup> containing six trees per treatment per repetition. Soil samples at 0,30 m depth and leaf tissue were taken before applying the treatments and after one year of application. Regressions were performed to determine the appropriate treatment. Significant differences (P<0,05) were observed among treatments for soil variables such as pH, CO, N, P, K except for Ca and Mg variables. Significant differences were observed for N, K and Mg variables in the absorption of nutrients; except for P and Ca variables. The best dose of organic fertilizer resulted between 15 Mg·ha<sup>-1</sup> to 20 Mg·ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Organic fertilization, absorption, availability, dystric soils.

### INTRODUCCIÓN

El cacao se cultiva en regiones cálidas y húmedas en más de 50 países ubicados en cuatro continentes (África, América, Asia y Oceanía); 23 de esos países son de América y en ellos se produce cacao con fines comerciales, lo que convierte el cacao en un cultivo de gran importancia económica, social, ambiental y, particularmente, cultural para los territorios en donde se produce (Arvelo et al., 2017).

Los productores del área del distrito de Almirante, República de Panamá y alrededores cultivan este rubro, aplican solo desechos de hojarasca y capullo o mazorca del cacao, sin caracterizar el contenido nutricional del suelo. Este rubro es establecido en su gran mayoría bajo un sistema agroforestal, con los árboles forestales como sombra y de protección al suelo, este a su vez con el aporte de la biomasa, reduce las pérdidas de suelo y mantiene una descomposición natural de la hojarasca aportada por especies asociadas; el ciclaje de nutrimentos favorece las condiciones físicas y químicas (Navia et al., 2003).



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

Los sistemas agroforestales en asociación con cacao son considerados como fuentes de recursos potenciales para el secuestro de carbono orgánico, reducción de estrés hídrico, evaporación y aumento de la biodiversidad (Tschardt et al., 2011).

En la provincia de Bocas del Toro, República de Panamá; cultivan alrededor de 0,11 Mg·ha<sup>-1</sup> a 0,13 Mg·ha<sup>-1</sup> o 2 millones y medio de plantas de cacao, y cosechan solo 248 kg de semilla seca (Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá [INEC], 2011). La actividad de cacao en la provincia de Bocas del Toro se desarrolla con mayor énfasis en los corregimientos de Almirante, Changuinola y Valle de Risco; considerando el Cacao como una especie primordial en el sistema agroforestal campesino en estas y otras zonas (Gutiérrez, 2020).

Las investigaciones realizadas en fertilización y nutrición del cultivo de cacao recomiendan evaluar cada material de cacao de cada país, en función del tipo de suelo y zona agroecológica donde se cultive (Romero, 2016); con fines de conocer la distribución de los nutrientes y plantear estrategias de muestreo para estudiar la nutrición del cultivo (Carvalho et al., 2013).

Los análisis de tejido foliares es una herramienta oportuna que nos ayuda a interpretar adecuadamente y en forma apropiada corregir limitantes nutricionales del cultivo, y para determinar la concentración óptima de los nutrientes en una determinada época del ciclo del cultivo, que asegure el mejor rendimiento (Etchevers, 1999).

El nitrógeno (N), es el elemento con mayor utilización en las plantas, hace parte de los aminoácidos y ácidos nucleicos, es por ello que si este elemento no está presente en cantidades suficientes se presenta clorosis, representado en las hojas viejas, tallos delgados y leñosos (Taiz y Zenger, 2006).

El fósforo (P), participa en el metabolismo energético, en la fotosíntesis, respiración y síntesis de almidones, su deficiencia produce enanismo en las plantas (Rodríguez y Flórez, 2004).



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

El uso del compost incrementa que la capacidad de retención de los nutrientes se incrementa, y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo pues a la vez que la incrementa, retarda el proceso de cambio de reacción pH, ayuda a corregir las condiciones tóxicas del suelo (Ansorena et al., 2014).

La extracción de potasio (K) por el fruto del cacao es mayor que la de otros elementos (López et al., 2015); por otro lado, es un elemento que tradicionalmente se ha caracterizado por su poca afinidad a los componentes orgánicos, a pesar que algunos abonos orgánicos contienen cantidades apreciables de este elemento (Durán y Henríquez, 2007).

En muchas regiones del mundo se remueve más K en los productos cosechados de lo que se retorna al suelo con los fertilizantes y los residuos de cosechas o los residuos de corral (Mikkelsen, 2008).

El fósforo (P), luego de la mineralización de la materia orgánica, puede ser retenido en el suelo en forma más o menos reversible, similar a la reacción del P que proviene de fertilizantes industriales o del P mineral disponible en el suelo (Henríquez y Cabalceta, 1999).

Se considera que la disponibilidad, absorción y distribución de nutrientes esenciales en la planta, está relacionado con su tasa de crecimiento y rendimiento (López-Lefebvre et al., 2002; Marschner, 2012).

La remoción de nutrientes por el cultivo de cacao se incrementa rápidamente durante los primeros 5 años después de la siembra y luego tiende a establecerse, manteniendo esa tasa de absorción por el resto de la vida útil de la plantación (García, 1993).

En el clon híbrido CCN-51, los frutos tienen una coloración rojiza en su estado de desarrollo y madurez. Contienen grandes cantidades de grasa, por lo que define propios nichos de mercado, es una variedad que se caracteriza por su capacidad productiva,



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

siendo ésta cuatro veces mayor a las clásicas producciones, y a su vez, por ser resistente a enfermedades (Asociación Nacional de Exportadores de Cacao [ANECACAO], 2015).

A todo esto, nos llevó al objetivo de evaluar dosis de fertilización, utilizando abono orgánico para mejorar los nutrimentos esenciales en el cultivo del cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización geográfica

El estudio fue realizado en los años 2017-2018, en una finca de un productor de cacao bajo un sistema orgánico, en la comunidad de Nuevo Paraíso en el distrito de Almirante, provincia de Bocas del Toro, República de Panamá, las coordenadas geográficas son 9°16'49,524" de latitud norte y 82°24'51,250" de longitud oeste.

La localidad se caracteriza como clima tropical muy húmedo (Köppen, 1936); todos los meses con lluvias > 60 mm. temperatura media del mes más fresco > 18° C (Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia [IGNTG], 2007). Los vientos alisios, provenientes del Norte y del Nordeste, provocan lluvias orográficas copiosas (Autoridad Nacional del Ambiente [ANAM], 2010).

La clasificación taxonómica de los suelos en el área, según procedimiento de la USDA (2014), los suelos se clasifican en del orden Inceptisoles, suborden Ochrepts, y de grandes grupos Dystrochrepts y régimen de temperatura isohipertérmico (Villalaz-Pérez et al., 2021).

En Almirante, los suelos cultivados con cacao presentan texturas que van desde francas, franco arenoso y areno francosa, la permeabilidad de los suelos oscila de moderados a muy rápidas, el contenido de carbón orgánico en horizontes de los perfiles estudiados varía desde bajo a medio, disminuyendo a medida que se profundiza en el perfil del suelo; el pH de los suelos varía desde muy ácidos a ácidos (Villalaz-Pérez et al., 2021).



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

## Fases del estudio:

### Fase de Campo

Se utilizó una plantación de cacao (*Theobroma cacao*) de tres años de edad del clon CCN-51. Se seleccionó un área total de 650 m<sup>2</sup>, con un área efectiva de 400 m<sup>2</sup>, consistió en cinco tratamientos con tres repeticiones cada uno, con un diseño de bloques completos al azar, para minimizar el efecto de la variabilidad espacial del suelo. La unidad experimental consistió en 18 m<sup>2</sup>, seis árboles con un espaciamiento de 3,0 m uno del otro; se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0,30 m antes de aplicar los tratamientos y un año después de la aplicación del abono orgánico.

Para conocer el estado nutricional de la planta se hizo un muestreo de tejido foliar, siguiendo la metodología de Puentes et al. (2016), la cual consiste en tomar la cuarta hoja de la parte media del árbol de cacao. El muestreo foliar se realizó antes y un año después de aplicados el abono orgánico.

El contenido nutricional del abono orgánico comercial para conocer los niveles de nutrimentos; utilizando la metodología descrita en la fase de laboratorio se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Contenido nutricional del abono orgánico comercial.**

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CO	Cu	Zn	Fe	Mn	C.E	pH 1:2,5	C/N
%					Mg·kg <sup>-1</sup>				dSm <sup>-1</sup>			
<b>0,76</b>	1,68	0,41	3,37	1,76	8,20	87	397	28000	5,3	4,70	7,2	10,8

Fuente: Laboratorio de Fertilidad de Suelos. IDIAP, Panamá. 2017 -2018.

Los tratamientos fueron aplicados por árbol, incorporados al suelo, para evitar el deslave por las lluvias o corrientes superficiales, existentes en el área. Las dosis de abono orgánico aplicadas en los cinco tratamientos y el aporte nutricional del abono orgánico aplicado (Cuadro 2).



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

**Cuadro 2. Aporte nutricional del abono orgánico aplicado al suelo, según tratamiento. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá 2017-2018.**

Trat.	Dosis	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
	Mg·ha <sup>-1</sup>									
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	38,0	36,96	17,02	119,6	52,8	0,43	2,0	139,9	0,03
3	10	76,0	73,93	34,03	239,3	105,6	0,90	4,0	279,8	0,05
4	15	114,0	110,88	51,05	358,9	158,4	1,30	6,0	419,7	0,08
5	20	152,0	147,87	68,0	478,5	211,2	1,74	7,9	559,6	0,11

### Fase de Laboratorio

Las muestras de suelos fueron secadas y tratadas, siguiendo normas del laboratorio de fertilidad de suelos y agua, del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, según metodologías descritas en el manual Técnico del Laboratorio de Suelos del IDIAP (Villarreal y Name, 1996; USDA, 1999).

La determinación del nitrógeno en el suelo se realizó mediante la metodología de digestión Kjeldahl (Bremner y Mulvaney, 1982); por otra parte, la materia orgánica se cuantificó mediante metodología de carbono de suelo a través del método propuesto por Walkley y Black (1934).

Para la caracterización del abono orgánico y muestras foliares, se utilizó el método USEPA 3050 A (United States Environment Protection Agency [USEPA], 1996). La concentración de los elementos se determinó en un espectrómetro de absorción atómica de llama con fuente continua de Xenón. Las digestiones fueron realizadas por medio de un digestor de microonda, agregando a cada muestra 9 ml de HNO<sub>3</sub>, 3 ml de HCl, 1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (USEPA, 1996). Para determinar la concentración de P y K disponible en el suelo, se utilizó la solución extractora Mehlich 1, según Embrapa (Teixeira et al., 2017). Para la determinación de la disponibilidad del Ca y Mg, se utilizó la solución de KCl 1 N (Díaz y Hunter, 1978).



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

Las cuantificaciones de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH en agua con relación 1:2,5; se determinó mediante técnicas del Manual de métodos de análisis de suelo de Embrapa (Teixeira et al., 2017). La textura del suelo se determinó mediante la metodología de Bouyoucos (1962), descritas en el manual Técnico del Laboratorio de Suelos del IDIAP (Villarreal y Name, 1996).

La densidad aparente del suelo se cuantificó a una profundidad de 0,30 m, se utilizaron anillos o cilindros Uhland de volumen conocido, se llevó la muestra de suelo a la estufa u horno a 105°C por 24 horas (Agostini et al., 2014).

El área caracterizada (Cuadro 3) donde se realizó el ensayo de investigación, presenta un mayor contenido de arena y limo, pH ácidos y un desbalance en sus bases intercambiables (Ca, Mg y K); típico de esos sitios (Villalaz-Pérez et al., 2021), es el siguiente:

**Cuadro 3. Características físicas, químicas y biológicas de los suelos de Nuevo Paraíso, Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

Variables	Media	D.E	Min	Máx
NT (%)	0,04	0,01	0,03	0,05
P (mg·kg <sup>-1</sup> )	0,001	0,00	0,001	0,001
K (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	0,26	0,01	0,25	0,27
Ca (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	16,80	1,49	15,10	17,90
Mg (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	7,00	1,51	5,50	8,50
CIC (cmol (+) kg <sup>-1</sup> )	30,38	2,36	27,20	32,40
pH	5,25	0,25	5,00	5,50
CO (%)	0,96	0,34	0,72	1,34
CICE	24,06	2,61	20,85	26,67
Da (kg·m <sup>-3</sup> )	1,14	0,02	1,13	1,16
Arena (%)	58,67	8,33	52,0	68,0
Limo (%)	25,33	5,03	20,0	30,0
Arcilla (%)	16,00	3,46	12,0	18,0

NT= nitrógeno total; P= fosforo; K= potasio; Ca= calcio; Mg= magnesio; pH= potencial de hidrógeno; CO= carbono orgánico; CICE= capacidad de intercambio catiónico efectivo; Da= densidad aparente; DE= desviación estándar



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

## **Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis de varianza, comparación de medias por Tukey  $P < 0,05$  y un análisis de regresión para determinar el tratamiento de abono orgánico adecuado según dosis aplicada, se utilizó Infostat, versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020). Posteriormente, se utilizaron tablas comparativas, según Mills y Jones (1996); Abreu-Junior (1996); Malavolta et al. (1997); Sodré et al. (2012); Puentes et al. (2016), utilizadas para evaluar el contenido de nutrimentos en el tejido foliar.

Ecuación de regresión:

$$Y_i = A + BX_i + CX_i^2 + E$$

Donde:

Para  $Y_i$ : contenido de nutrimentos en  $\text{kg ha}^{-1}$  o en %

(A, B, C): coeficientes desconocidos.

$E_i$ : error asociado al modelo  $X_i$ : valor de la  $i$ esima observación de la variable independiente

## **Variables Medidas**

En el Laboratorio de suelo se midió: la capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables, calcio, magnesio, fósforo extraíble, materia orgánica, potasio, nitrógeno total, potencial de hidrógeno.

## **Variables de Respuesta**

### **Edáficas**

- Químicas: calcio, magnesio, fósforo, potasio, nitrógeno y potencial de hidrógeno.
- Biológicas: materia orgánica.

## **Tejido Foliar**

- Químicas: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La comparación de medias por Tukey  $P < 0,05$  (Cuadro 4) de las variables de suelos como: pH, % N, % CO, P ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), K, Ca y Mg en ( $\text{cmol kg}^{-1}$ ), por tratamientos. En la variable pH los tratamientos fueron altamente significativos ( $P < 0,05$ ), cuando se realizó el



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

análisis de varianza (ANOVA). Con valor de la media de 6,17 el tratamiento de 20 Mg·ha<sup>-1</sup> presentó diferencias significativas con respecto a las demás variables. La mayoría de estos tratamientos oscilaron entre 5,0 y 7,5; que resultan ser óptimos para el rubro de cacao (Ramtahal et al., 2018); contrario a lo comentado por Arvelo (2017) y López et al. (2011) mencionaron que los suelos para el cultivo del cacao, deben tener un pH de 6,0 a 7,0. Por otra parte, (Name y Villarreal, 2004), comentaron que la disponibilidad de nutrientes está en función de pH; esto quiere decir que a pH ácidos, hay mayor disponibilidad de Cu, Fe, Mn y Zn, contrario a lo que sucede con el P, Ca y Mg

En cuanto a la variable N, los tratamientos fueron altamente significativos según la ANOVA. El tratamiento con mayor concentración disponible de este elemento fue el de 20 Mg·ha<sup>-1</sup> con un valor de 0,15%. Todas las concentraciones de N encontradas por tratamientos presentan niveles bajos (Arvelo, 2017). Los contenidos de N en suelos tropicales varían de 0,2% a 0,41% (Bertsh, 1998).

Para el porcentaje de contenido de carbón orgánico en el suelo (CO), los tratamientos con dosis de 15 Mg·ha<sup>-1</sup> y 20 Mg·ha<sup>-1</sup> con valores de 1,69% a 1,70%, respectivamente, resultaron con mejores valores si las comparamos con el testigo. Se comprueba que el uso de enmiendas orgánicas mejora la calidad biológica del suelo (Abreu et al., 2018); pero en la interpretación analítica de los niveles críticos, estos tratamientos se encuentran con valores bajos. Arvelo (2017); López et al. (2011) comentaron que el contenido de la materia orgánica debe ser mayor de 3,0% (1,74% CO). En cuanto el P, presentó alta significancia, en los tratamientos 15 Mg·ha<sup>-1</sup> y 20 Mg·ha<sup>-1</sup>, con valores medios de 137,0 mg·kg<sup>-1</sup> a 192,67 mg·kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Según la interpretación de niveles críticos, se encuentran altos los tratamientos 10 Mg·ha<sup>-1</sup>, 15 Mg·ha<sup>-1</sup> y 20 Mg·ha<sup>-1</sup> (Name, 1987). En cambio, el K presentó diferencia significativa  $P < 0,05$  en el tratamiento de 20 Mg·ha<sup>-1</sup>, muy cerca de 15 Mg·ha<sup>-1</sup>, con valor de 0,23 cmol·kg<sup>-1</sup> y 0,20 cmol·kg<sup>-1</sup>, respectivamente, y según la interpretación de sus niveles críticos, estos dos tratamientos se encuentran altos en sus niveles (Name, 1987); y medios según Arvelo (2017).



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

Se encontró que para los elementos Ca y Mg, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Según (Arvelo, 2017) y (Name, 1987), sus niveles críticos se encuentran altos; esto pudo deberse a que geológicamente estos suelos son originarios de rocas sedimentarias con altos contenidos de minerales primarios provenientes de calcitas, areniscas y lutitas (ANAM, 2010).

Trabajos previamente realizados en cacaotales de Venezuela y Centro América, han reportado contenidos de Ca y Mg más elevados que los encontrados en este estudio (Cerdeira, 2008; López et al., 2007).

Para este suelo, al aplicar los tratamientos, los coeficientes de variación (CV) obtenidos variaron entre 2,60% y 15,62%, siendo aceptables que oscila entre 1% y 20% (Litte y Hills, 1989).

**Cuadro 4. Niveles medios de pH y concentraciones de elementos disponibles en el suelo según tratamientos evaluados. Nuevo Paraíso, Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

Tratamientos	pH	N	CO	P	K	Ca	Mg
(Mg·ha <sup>-1</sup> )	1:2,5	%		mg·kg <sup>-1</sup>		cmol (+)kg <sup>-1</sup>	
	Medias						
0	5,20 <sup>c</sup>	0,03 <sup>c</sup>	0,40 <sup>c</sup>	28,33 <sup>d</sup>	0,12 <sup>b</sup>	17,63 <sup>a</sup>	6,43 <sup>a</sup>
5	5,53 <sup>bc</sup>	0,10 <sup>b</sup>	1,10 <sup>b</sup>	30,67 <sup>d</sup>	0,14 <sup>ab</sup>	20,23 <sup>a</sup>	7,70 <sup>a</sup>
10	5,57 <sup>bc</sup>	0,11 <sup>ab</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	67,33 <sup>c</sup>	0,17 <sup>ab</sup>	18,93 <sup>a</sup>	7,53 <sup>a</sup>
15	5,93 <sup>ab</sup>	0,13 <sup>ab</sup>	1,69 <sup>a</sup>	137,0 <sup>b</sup>	0,20 <sup>ab</sup>	19,40 <sup>a</sup>	7,63 <sup>a</sup>
20	6,17 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	192,67 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	23,63 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>
% CV	2,41	13,14	16,60	10,94	25,77	16,28	11,26
DMS	0,417	0,034	0,413	29,482	0,112	8,796	2,349

En los cuadrados medios (ns= no significativo); doble asterisco (\*\*) = altamente significativo P<0,001; un asterisco (\*) = significativo P<0,05. En las medias, letras iguales no presentan significancias con Tukey P<0,05.

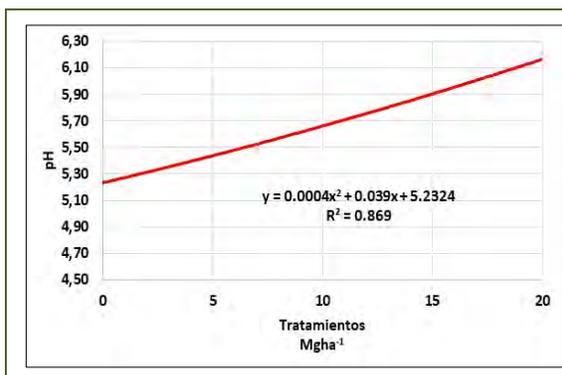
Al realizar el análisis de regresión en el índice del pH, se observó que a media que se aumenta la dosis, aumenta el valor del mismo. La materia orgánica afecta la reacción de pH, por ende, el grado de acidez y las bases de cambio (Aguilera, 2000).



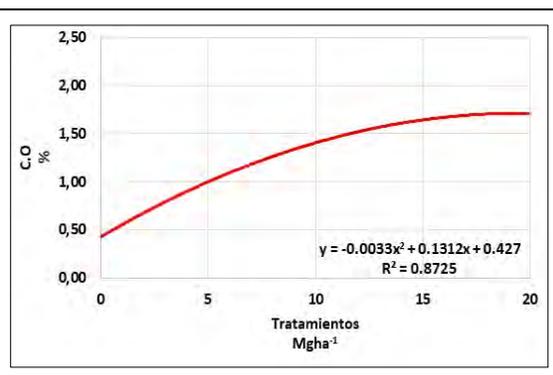
Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Las concentraciones debido al alto contenido de bases (K, Ca y Mg) y de su formación geológica (ANAM, 2010); el índice de pH es una variable que puede influir en la disponibilidad de los elementos nutritivos para un cultivo. Tal como comentaron Anda et al. (2013), la productividad del cacao se incrementa cuando aumenta el pH; (Basak y Biswa, 2016), al aumentar el pH aumenta la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, al igual que el contenido de bases; lo cual ayuda al aporte o liberación de los nutrimentos retenidos en el suelo (Figura 1).

El contenido del % CO (Figura 2), al aplicar los tratamientos con abono orgánico. Se puede apreciar que a partir del tratamiento de 15 Mg·ha<sup>-1</sup>, la curva se mantiene constante; encontrando su mayor valor de 1,50%. Esto puede ayudar a incrementar la absorción de nutrimentos debido a la disponibilidad de cada uno de ellos; Benzing (2001), explicó que el cultivo de cacao orgánico, requiere de una conservación o incremento de la materia orgánica convertida a CO, lo cual soluciona algunos problemas de fertilidad, retención adecuada de agua de lluvia y una buena circulación del aire del suelo.



**Figura 1. Efecto de la dosis de abono orgánico aplicado al suelo, en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre el pH. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**



**Figura 2. Efecto de dosis de abono orgánico aplicado al suelo en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre los niveles de CO en el suelo. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

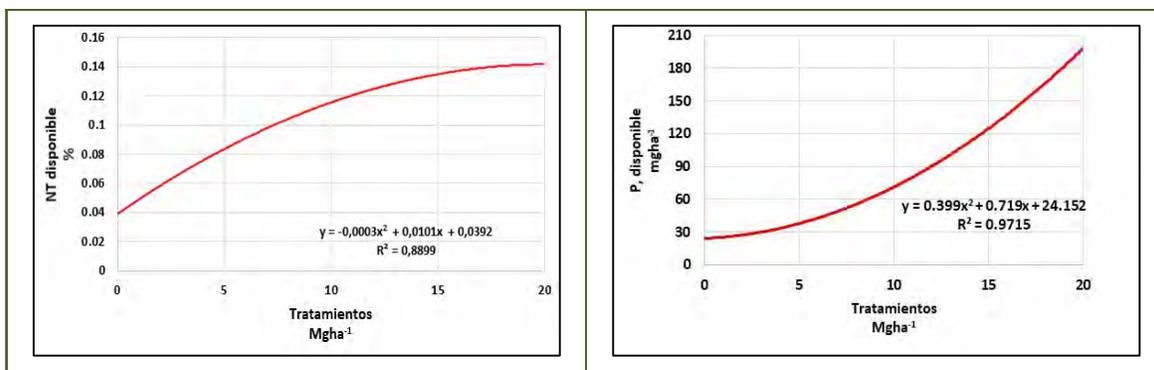
La disponibilidad que presenta el N total del suelo (Figura 3), indica a partir del tratamiento de 15 Mg·ha<sup>-1</sup> la curva permanece constante. El fertilizante orgánico aplicado,



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

ayudó a aumentar el contenido de N total en el suelo, debido al enriquecimiento del carbono orgánico generado por medio de organismos descomponedores de la materia orgánica, que al mineralizarse aportan nutrientes de fácil adsorción para el cultivo, lo que coincide con Flavel y Murphy (2006), que concluyeron que todos los abonos liberan N mineral, para garantizar una reducción en la aplicación en la dosis de este elemento. Los contenidos de nitrógeno en suelos tropicales varían de 0,02% a 0,40%, según Bertsch (1995); coincidiendo con el rango de valores encontrados en este experimento.

A medida que incrementa la dosis de abono orgánico al suelo por medio de los tratamientos, se incrementa la disponibilidad del P (Figura 4). Anikwe et al., 2016, encontraron incrementos en la disponibilidad del P en suelos oxisoles, con aplicaciones de 5 Mg·ha<sup>-1</sup> de cal agrícola, este aumento del P favoreció la producción de biomasa en el cultivo de cacao (Rodríguez et al., 2003). Por otra parte, al aumentar el contenido de materia orgánica de los suelos, aumentan los contenidos de fosfatos orgánicos; esto está ligado al pH del suelo, ya que influye en la mineralización del material orgánico. Además, Havlin et al. (2005), comentaron que los extractos de humus del suelo contribuyen a aumentar la solubilidad del P.



**Figura 3. Efecto de la dosis de abono orgánico aplicado al suelo en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre el NT disponible en el suelo. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

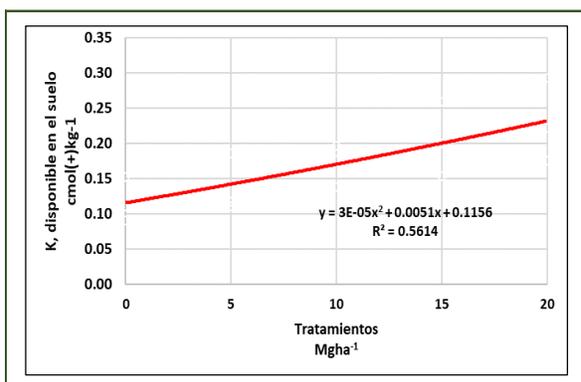
**Figura 4. Efecto de la dosis de abono orgánico aplicado al suelo en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre el P disponible en el suelo. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**



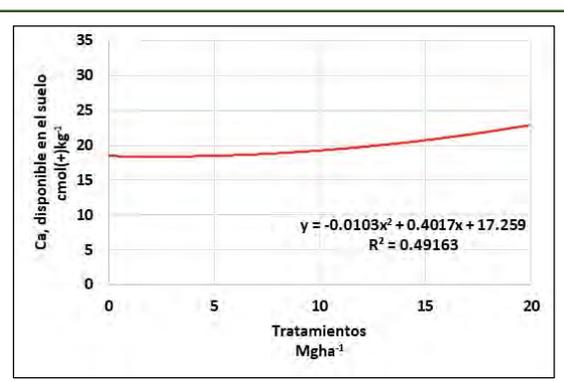
Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

La aplicación de fertilizante orgánico, aumenta la disponibilidad de K en el suelo a medida que se incrementa la dosis aplicada (Figura 5). Las deficiencias nutricionales de este elemento podrían afectar al cultivo del cacao con la enfermedad de la Monilia (*Moniliophthora roreri*) (Tuesta et al., 2017).

Los elementos Ca y Mg (Figura 6 y 7), presentaron sus mayores disponibilidades con los tratamientos de 15 Mg·ha<sup>-1</sup> a 20 Mg·ha<sup>-1</sup>. Las concentraciones encontradas para estos elementos estuvieron por encima de los niveles críticos, coincidiendo con (Villalaz-Pérez et al., 2021). Leiva (2012) comentó que existe una relación entre los parámetros de fertilidad de pH y calcio disponible en el cacao. Además de ser un cultivo bastante demandante en lo que respecta a la fertilidad del suelo, y depende de muchos factores entre ellos está el material genético.



**Figura 5. Efecto de la dosis de abono orgánico aplicado al suelo en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre el K disponible en el suelo. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

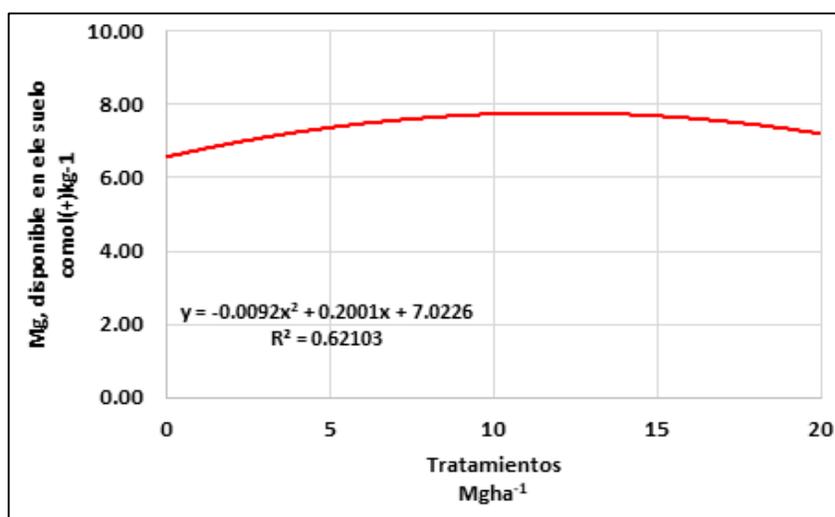


**Figura 6. Efecto de la dosis de abono orgánico aplicado al suelo en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre la disponible del Ca en el suelo. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

Con relación a la nutrición, se observa en las concentraciones de los niveles medios de nutrimentos del tejido foliar (Cuadro 5), que para el N, K y Mg; los tratamientos presentaron alta diferencia ( $P < 0,05$ ) al realizar el análisis de varianza; contrario a las variables de P y Ca, para los cuales no se observaron diferencias en sus tratamientos al aplicar fertilizantes orgánicos.



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



**Figura 7. Magnesio disponible en el suelo al aplicar abono orgánico en diferentes dosis, en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad. Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2017-2018.**

**Cuadro 5. Niveles medios de concentración de elementos absorbidos (kg·ha<sup>-1</sup>), en las hojas de árboles de cacao con tres años de edad. Nuevo Paraíso, Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2016-2017.**

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
Mg·ha <sup>-1</sup>	kg·ha <sup>-1</sup>				
Medias					
0	105,4 <sup>c</sup>	12,49 <sup>a</sup>	72,95 <sup>c</sup>	17,88 <sup>a</sup>	33,41 <sup>d</sup>
5	114,96 <sup>b</sup>	14,76 <sup>a</sup>	114,39 <sup>abc</sup>	17,88 <sup>a</sup>	37,11 <sup>cd</sup>
10	117,51 <sup>ab</sup>	14,19 <sup>a</sup>	156,69 <sup>ab</sup>	20,16 <sup>a</sup>	38,57 <sup>bc</sup>
15	122,34 <sup>ab</sup>	14,19 <sup>a</sup>	164,35 <sup>a</sup>	21,29 <sup>a</sup>	48,58 <sup>a</sup>
20	124,33 <sup>a</sup>	16,18 <sup>a</sup>	103,61 <sup>bc</sup>	21,49 <sup>a</sup>	41,37 <sup>b</sup>
CV%	2,47	19,00	18,24	14,04	3,71
DMS	7,75	7,33	60,00	7,45	3,97

Nota: En los cuadrados medios (ns= no estadísticamente significativa); doble asterisco (\*\*) = altamente significativo P<0,001; un asterisco (\*) = significativo P<0,05. En las medias, letras iguales no presentan diferencia significancias con Tukey P<0,05.

Comparando, las concentraciones de nutrimentos absorbidos para N, P, K, Ca y Mg (g·kg<sup>-1</sup>) en el cacao clon CCN-51 cultivado orgánicamente (Cuadro 6), en suelos de orden Inceptisoles (Villalaz-Pérez et al., 2021), con los encontrados por Mills y Jones (1996);



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

Abreu-Junior (1996); Malavolta et al., (1997). Se observa en las concentraciones de N, que las medias de los tratamientos evaluados presentan valores por debajo de los niveles propuestos por Abreu-Junior, 1996; Sodré et al., 2012; Puentes et al., 2016; para el P, en el tratamiento de 20 Mg·ha<sup>-1</sup>, su media se encuentra dentro de los niveles recomendados (Mills y Jones, 1996; Malavolta et al., 1997).

Por otro lado, las concentraciones medias de K se encuentran dentro de las sealadas por Malavolta et al., 1997; Sodré et al., 2012; Puentes et al., 2016. Para el Ca, se encontró sus niveles bajos en comparación con Malavolta et al., 1997; Sodré et al., 2012; Puentes et al., 2016. Por otro lado, los niveles medios encontradas para el Mg coinciden con lo propuesto por Mills y Jones, (1996).

**Cuadro 6. Niveles medios de concentraciones de nutrimentos absorbidos en hojas, comparadas con diferentes autores. Nuevo Paraíso, Almirante, Bocas del Toro, República de Panamá. 2016-2017.**

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
Mg·ha <sup>-1</sup>	g·kg <sup>-1</sup>				
<b>0</b>	12,6 - 13,6 (13,2)	1,1 - 1,8 (1,5)	7,4 - 10,4 (8,6)	1,8 - 2,4 (2,1)	3,6 - 4,2 (3,9)
<b>5</b>	12,8 - 14,0 (13,5)	1,4 - 1,9 (1,7)	10,5 - 17,7 (13,4)	1,8 - 2,3 (2,1)	4,3 - 4,4 (4,4)
<b>10</b>	13,7 - 13,9 (13,8)	1,5 - 1,8 (1,7)	14,1 - 21,8 (18,4)	2,3 - 2,4 (2,4)	4,4 - 4,6 (4,5)
<b>15</b>	13,7 - 14,6 (14,4)	1,3 - 2,1 (1,7)	19,0 - 19,5 (19,3)	2,1 - 2,9 (2,5)	4,5 - 5,7 (5,3)
<b>20</b>	14,3 - 14,9 (14,6)	1,5 - 2,1 (1,9)	11,3 - 13,8 (12,2)	2,0 - 2,8 (2,5)	4,6 - 5,0 (4,8)
<b>Autor (1)</b>	20,0 - 25,0	1,8	13,0 - 22,0	4,0	4,5
<b>Autor (2)</b>	17,7 - 21,9	0,9 - 1,2	3,8 - 12,5	17,7 - 22,2	6,4 - 9,0
<b>Autor (3)</b>	19,0 - 23,0	1,5 - 1,8	17,0 - 20,0	9,0 - 12,0	4,0 - 7,0
<b>Autor (4)</b>	23,4 - 24,0	2,1 - 2,2	16,5 - 17,1	8,3 - 9,0	4,3 - 4,5
<b>Autor (5)</b>	16,1 - 18,3	1,2 - 1,9	9,1 - 12,7	16,9 - 24,5	4,4 - 7,1

Nota: Autores: (1) Mills and Jones (1996), (2) Abreu-Junior (1996); (3) Malavolta et al., (1997); (4) Sodré et al., (2012); (5) Puentes et al., (2016).

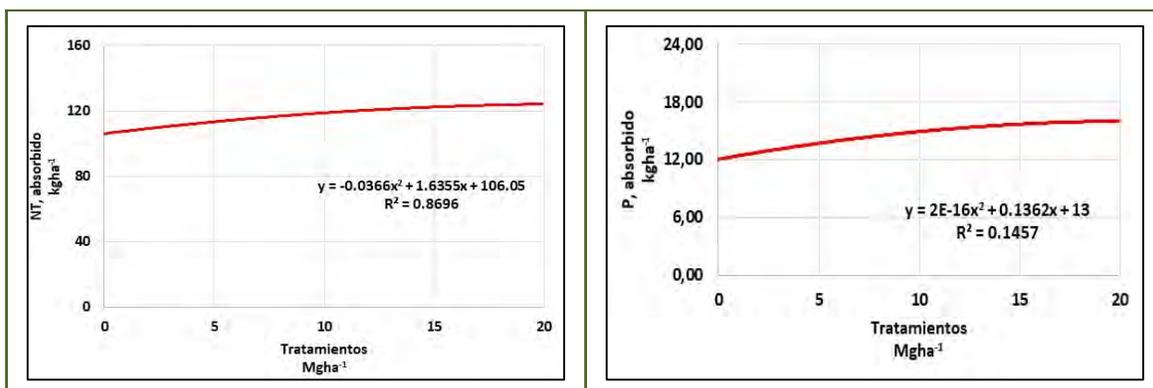
Para el N en el tejido foliar (Figura 8), las mayores concentraciones se obtuvieron con 15 Mg·ha<sup>-1</sup> y 20 Mg·ha<sup>-1</sup>, con valores de 122 kg·ha<sup>-1</sup>, 34 kg·ha<sup>-1</sup> y 124,33 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Sáenz (1990), explicó que el requerimiento nutricional para esta variable



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

en estado de planta de crecimiento se encuentra en  $136 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , (8% de diferencia) con respecto al tratamiento más alto. Esto pudo deberse a que la disponibilidad de este elemento para este cultivo fue baja.

Por otro lado, en la concentración de P (Figura 9), el tratamiento de  $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y un contenido de  $16,18 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , fue el de mayor concentración, encontrando un nivel de acuerdo a la edad del árbol. Sáenz (1990), reporta un requerimiento nutricional de  $14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para una edad de dos años y medio.



**Figura 8. Influencia de la dosis de abono orgánico aplicada en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre la absorción de N por la planta. Almirante, Bocas. 2017-2018.**

**Figura 9. Influencia de la dosis de abono orgánico aplicada en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre la absorción de P por la planta. Almirante, Bocas. 2017-2018.**

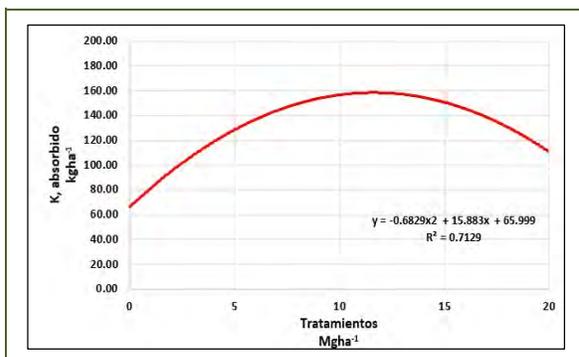
El K absorbido (Figura 10), con el mayor tratamiento fue  $15 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $164,35 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de requerimiento nutricional para cacao de tres años de edad. Sáenz (1990), señala que el valor de requerimiento para edad de cacao de dos años y medio es de  $151 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El K es un elemento que necesario en el metabolismo, por ende, es fundamental en la etapa vegetativa y reproductiva (López et al., 2015).

Las concentraciones nutricionales de Ca y Mg (Figuras 11 y 12), se encuentran en  $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $15 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente, con valores de  $21,49 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a  $48,58 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente; el valor de Ca en el tratamiento de  $15 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y concentración de  $21,29 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , presenta valores similares al tratamiento de  $20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Muchos de los suelos

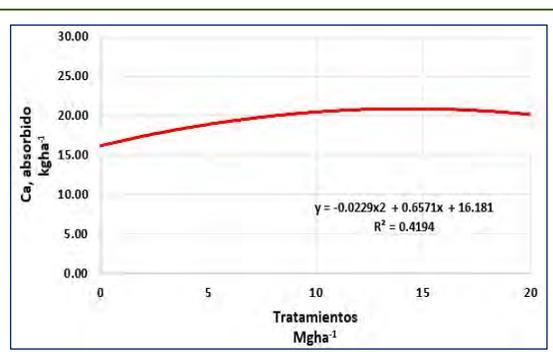


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

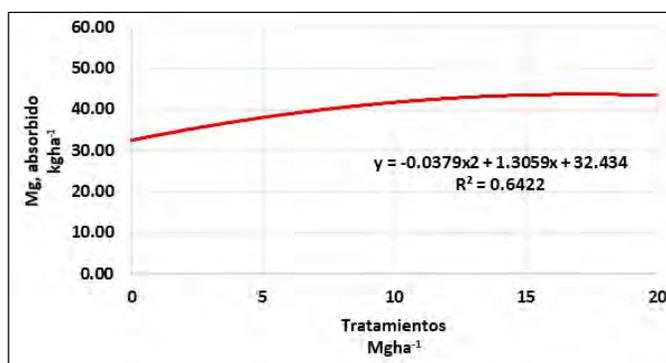
aluviales altos en Ca y Mg presentan deficiencia de K, principalmente por desbalance con estos nutrientes (Bertsch, 1995). Por el otro lado, Avila (2014), menciona que la aplicación de los fertilizantes en el cultivo de cacao, debe efectuarse en base al análisis de suelo y follaje.



**Figura 10.** Influencia de la dosis de abono orgánico aplicada en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre la absorción de K por la planta. Almirante, Bocas. 2017-2018.



**Figura 11.** Influencia de la dosis de abono orgánico aplicada en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre la absorción de Ca por la planta. Almirante, Bocas. 2017-2018.



**Figura 12.** Influencia de la dosis de abono orgánico aplicada en una plantación de cacao clon CCN-51 de tres años de edad, sobre la absorción de Mg por la planta. Almirante, Bocas. 2017-2018.

## CONCLUSIONES

- Para el clon de cacao CCN-51, cultivado orgánicamente la mejor dosis que puede utilizarse como dosis aproximada de nutriente para edades de tres años, se encuentran



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

entre 15 Mg·ha<sup>-1</sup> y 20 Mg·ha<sup>-1</sup> media de (17,5 Mg·ha<sup>-1</sup>) de abono orgánico con características de suelos y abono presentadas en este artículo.

- La formulación final es 123 kg N·ha<sup>-1</sup>; 13 a 16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup>; 165 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>; 18 a 22 kg CaO·ha<sup>-1</sup>; 49 kg MgO·ha<sup>-1</sup>.
- La fertilización orgánica se debe efectuar una vez al año, ya que el fertilizante debe estar completamente mineralizado y es cuando los microorganismos han hecho disponibles los nutrimentos agregados en el abono.

### RECOMENDACIÓN

Se debe realizar investigaciones para otras variedades, en los mismos suelos con orden taxonómicas y características del fertilizante orgánico similar.

### REFERENCIAS

Abreu-Junior, C. H. (1996). *Foliar nutrient concentration and rations in height yield cocoa genotypes and relations yield and intensity of witches' broom disease*. R. Costa, editor, International Conference on Cacao Research. Cocoa Producer's Alliance. CEPLAC/ CEPEC. Atas, Lagos, NGR. (pp. 773-780).

Abreu Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez Jiménez, S. L., Valdivia Ávila, A. L., Fuentes Alfonso, L., y Pérez Hernández, Y. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Revista Centro Agrícola*, 45(01), 52-61. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n1/cag071118.pdf>

Agostini, M<sup>a</sup>. D. L. A., Monterubbianesi, M. G., Studdert, G. A., y Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del suelo*, 32(2): 171-176. [http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_32n2/pag.%20171-176.pdf](http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_32n2/pag.%20171-176.pdf)



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

Aguilera, S. M. (2000). *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos*. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. (pp. 77-85). <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121065>

Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). *Atlas Ambiental de la República de Panamá*. ANAM, PAN. <http://hdl.handle.net/1834/7995>

Anda, M., Shamsuddin, J., y Fauziah, C. I. (2013). Increasing negative charge and nutrient contents of a highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. *Soil and Tillage Research*, 132: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.04.005>

Asociación Nacional de Exportadores de Cacao. 2015. *Historia del Cacao* ANECACAO, ECU. <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>

Anikwe, M. A., Eze, J. C., y Ibudialo, A. N. (2016). Influence of lime and gypsum application on soil properties and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) in a degraded Ultisol in Agbani, Enugu Southeastern Nigeria. *Soil Tillage Res.* 158:32-38. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.10.011>

Ansorena, J; Batalla E. y Merino, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos.

Arvelo Sánchez, M.A., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., y Montoya Rodríguez, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, C.R.: IICA. 165p. ISBN: 978-92-9248-732-4. <https://pdfslide.net/documents/manual-tecnico-del-cultivo-de-cacao-practicas-latinoa-manual-tecnico-del.html>

Basak, B. B., y Biswas, D. R. (2016). Potentiality of Indian rock phosphate as liming material in acid soil. *Geoderma*, 263:104-109. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.09.016>



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

- Benzing, A. (2001). *Agricultura Orgánica: Fundamentos para la región andina*. Villingen-Schwenningen, Alemania, Neckar-Verlag. 682 p. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000300014>
- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. 1 ed. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
- Bremner, J. M., y Mulvaney, S. C. (1982). Nitrogen total. En A. L. Page, R. H. Miller, y D. R. Keeney (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part II. Am. Soc. Agron.*, no. 9: 595-624.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method for making particle size analysis de soils. *Agrom. Jor.*, 54:464-465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>
- Carvalho, M., Machado, R. C., Ahnert, D., Sodré, G.A., y do-Sacramento, C.K. (2013). Avalia o da composi o e distribui o mineral em componentes foliares de paric  (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke). *Agrotropica*, 25(1):53-60.
- Cerda, R. (2008). Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica. [Tesis MSc., CATIE, Turrialba, CRI]. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1822e/A1822e.pdf>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2020). InfoStat versión 2020. Centro Transferencia InoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz, R., y Hunter, A. (1978). *Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal, e investigación en invernadero*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p. <http://hdl.handle.net/11554/3115>



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

- Durán, L., y Henríquez, C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agron. Costarricense*, 31(1):41-51. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43631105.pdf>
- Etchevers, B. J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoam.* 17:209-219. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317305>
- Flavel, T. C., y Murphy, D. V. (2006). Carbon and nitrogen mineralization rates after application of organic amendments to soil. *J. Environ. Qual.*, 35:183-194.
- García, A. (1993). *Sintomatología de las deficiencias nutricionales de las deficiencias en cacao*. Boletín Técnico. ICA, COL.
- Gutiérrez, A. (2020). Caracterización Morfológica de tres genotipos criollos promisorios de *Theobroma cacao* L. *Ciencia Agropecuaria*, no. 30:150-169. <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/134/98>
- Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., y Nelson, W. (2005). *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management (7th Edition)*. Pearson Prentice Hall Publishers, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Henríquez, C., y Cabalceta, G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola*. ACCS, CRI. Costa Rica 112 p. [http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4869/1/20061024162729\\_manual%20c apacitacion%20agroforesteria.pdf](http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4869/1/20061024162729_manual%20c apacitacion%20agroforesteria.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censo de Panamá. (2011). Séptimo Censo Nacional Agropecuario. Contraloría General de la República de Panamá, PAN. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=481&ID\\_CATEGORIA=15&ID\\_SUBCATEGORIA=60](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=481&ID_CATEGORIA=15&ID_SUBCATEGORIA=60)



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

Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia. (2007). *Atlas Nacional de la República de Panamá*. Editora Novo Art., Bogotá, COL.

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

Leiva, E. I., y Ramírez, R. (2012). *Captura de Carbono en Agroecosistemas con Cacao Theobroma cacao L.* XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Argentina.

Littele, T., y Hills, F. (1989). *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. 2 ed. México, México. Editorial Trillas. 270 p.

<https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941EXPERIMENTACION.pdf>

López, M., López, I., España, M., Izquierdo, A., y Herrera, L. (2007). Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrícicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao*. *Agron. Trop.*, 57(1):31-43. <http://hdl.handle.net/11554/6110>

López, P., Ramírez, M., y Mendoza, A. (2011). Programa estratégico para el desarrollo rural sustentable de la región sur – sureste de México: Trópico húmedo. <http://cadenacacaoca.info/estudios-cacao/CEDOC/ficha.php?id=1582>

López, O., Ramírez, S. I., Espinosa, S., Moreno, J. L., Ruiz, C., Villarreal, J. M., y Ruiz, L. (2015). *Manejo agroecológico de la nutrición en el cultivo del cacao*. Universidad Autónoma de Chiapas, MEX. [https://espacioimasd.unach.mx/libro/num7/Manejo agroecologico de la nutricion en el cultivo del cacao.pdf](https://espacioimasd.unach.mx/libro/num7/Manejo_agroecologico_de_la_nutricion_en_el_cultivo_del_cacao.pdf)

López-Lefebre, L., Rivero, R. M., García, P. C., Sánchez, E., Ruiz, J. M., y Romero, L. (2002). Boron effect on mineral nutrients of tobacco. *J. Plant Nutr.* 25:509-522. <https://doi.org/10.1081/PLN-120003379>



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

Malavolta, E., Vitti, G. C., y De Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Principios e aplicações. 2a edição. Piracicaba. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, BRA.

Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. 2<sup>nd</sup> Ed. Academic Press, NY, USA. <https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=yqKV3USG41cC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Marschner,+H.+1995.+Mineral+nutrition+of+higher+plants.+2nd+Ed.+Academic+Press,+NY,+USA.&ots=Vc3FW5zYEi&sig=5qCFmJf8OB9Li68xALr94n0Kv98#v=onepage&q=Marschner%2C%20H.%201995.%20Mineral%20nutrition%20of%20higher%20plants.%202nd%20Ed.%20Academic%20Press%2C%20NY%2C%20USA.&f=false>

Mikkelsen, R. (2008). Managing potassium for organic crop production. *Hort Technology*, 92(2):26-29. <https://ucanr.edu/sites/nm/files/76654.pdf>

Mills, H. A., y Jones, B. J. (1996). *Plant analysis*. Handbook II. Micro Macro Publishing, Inc. Athens, Georgia 30607 USA. 422 p.

Name, B. (1987). *Metodología para la evaluación de la fertilidad de suelos*. IDIAP, Panamá, PAN.

Name, B; y Villarreal, J. 2004. Compendio de resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP. Estudios de suelos Ultisoles y Alfisoles realizados en las estaciones experimentales de Calabacito, Guarumal y Río Hato. IDIAP. 229 p.

Navia, J. F., Restrepo, J. M., Villada, D. E., y Ojeda, P. A. 2003. *Agroforestería: opción tecnológica para el manejo de suelos en zonas de ladera*. Manual de capacitación. Agronet, COL. <http://hdl.handle.net/11348/4869>

Puentes, P. Y. J., Menjivar, J. C., y Aranzazu, F. (2016). Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao. *Agronomía Mesoamericana*, 27 (2), 329-336. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43745945011.pdf>



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

- Ramtahal, G., Yen, I. C., Hamid, A., Bekele, I., Bekele, F., Maharaj, K., y Harrynanan, L. (2018). The Effect of Liming on the Availability of Cadmium in Soils and Its Uptake in Cacao (*Theobroma cacao* L.) In Trinidad & Tobago. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1510955>
- Rodríguez, A., Guedes-de-Carvalho, J., y Melo, P. C. (2003). Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum). *Cerne*, 9:221-230. <https://www.redalyc.org/pdf/744/74409209.pdf>
- Rodríguez, M., y Flórez, V. (2004). *Elementos esenciales y beneficios*. En CYTED, editor, Ferti-riego: tecnologías y programación en agroplasticultura. CYTED, ESP. pp. 25-36. <http://hdl.handle.net/10835/3133>
- Romero, H. (2016). Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Veracruz. [Tesis, Universidad Veracruzana]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47417/RomeroHernandezEsteban.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sáenz, C. (1990). *El cultivo del cacao*. Federación Nacional de Cafeteros, Cali, COL.
- Sodré, G. A., Lima Marrocos, P. C., Rodríguez Moraes, R.R., y Valle, R. R. M. (2012). Estado nutricional e transporte de nutrientes em mudas enxertadas de cacaueiro. *Agrotropica, Itabuna*, 24(2):72–78. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/ceplac/publicacoes/revista-agrotropica/artigos/2012-DOI-10.21757/0103-3816-2012v24n2p73-78.pdf>
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal. Vol. 10. Universitat Jaume I., ESP. [https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=7QIbYg-OC5AC&oi=fnd&pg=PR50&dq=Taiz,+L.,+y+E.+Zeiger.+2006.+Fisiolog%C3%ADa+vegetal.+Vol.+10.+Universitat+Jaume+I.,+ESP.&ots=nknL\\_Y2Byf&sig=iZWuVJ-b6FI0WLY7J\\_pInVRCfns#v=onepage&q=Taiz%2C%20L.%2C%20y%20E.%20Zeiger.%202006](https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=7QIbYg-OC5AC&oi=fnd&pg=PR50&dq=Taiz,+L.,+y+E.+Zeiger.+2006.+Fisiolog%C3%ADa+vegetal.+Vol.+10.+Universitat+Jaume+I.,+ESP.&ots=nknL_Y2Byf&sig=iZWuVJ-b6FI0WLY7J_pInVRCfns#v=onepage&q=Taiz%2C%20L.%2C%20y%20E.%20Zeiger.%202006)



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

[6.%20Fisiolog%C3%ADa%20vegetal.%20Vol.%2010.%20Universitat%20Jaume%20I.%2C%20ESP.&f=false](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x)

Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S. A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D., Jührbandt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E., y Wanger, T.C. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes—a review. *J. App. Ecol.* 48:619-629. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01939.x>

Teixeira, P. C., Donagemma, G. K., Fontana, A., y Teixeira, W. G. (2017). Manual de métodos de análisis de solo. 3.ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 573 p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/194786/1/Pt-5-Cap-1-Micromorfologia-do-solo.pdf>

Tuesta, P. A., Trigozo, B. E., Cayotopa, T.J., Arévalo, G. E. (2017). Optimización de la fertilización orgánica e inorgánica del cacao (*Theobroma cacao* L.) con la inclusión de *Trichoderma endófito* y *Micorrizas arbusculares*. *Tecnología en Marcha*, (30-1): 67-78. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i1.3086>

USDA. (1999). Guía para la evaluación para la calidad y salud del suelo. USDA, USA. Recuperado 20 Septiembre, 2019. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_051913.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf)

United States Environment Protection Agency. (2004). *Monitoring arsenic in the environment: A review of science and technologies for field measurements and sensors*. EPA542/R-04/002. National Service Centre for Environment Publications (NSCEP). Office of solid waste and emergency response. U.S. Environment Protection Agency, Washington, D.C. 20460. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1000EOV.PDF?Dockey=P1000EOV.PDF>

Villalaz-Pérez, J. A., Villarreal-Núñez, J. E., Santo-Pineda, A., Gutiérrez, A., y Ramos-Zachrisson, I. A. (2021). Caracterización pedogenética de los suelos dedicados al



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

cultivo de cacao, Almirante, Bocas del Toro, Panamá. *Ciencias Agropecuaria*, no. 31: 37-58.

Villarreal, J., y Name, B. (1996). *Técnicas analíticas del laboratorio de suelos*. IDIAP-Divisa, PAN.

Walkley, A., y Black, I. A. (1934). An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed codification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>



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

## ESTACIONALIDAD DE LOS PARTOS EN BÚFALOS (*Bufalypso*) EN EL TRÓPICO BAJO PANAMEÑO<sup>1</sup>

**Raúl H. De León-García<sup>2</sup>; Salomón Abrego<sup>3</sup>; Aminta Espinoza<sup>3</sup>;  
Neftaly Vega<sup>3</sup>; Verónica González<sup>2</sup>**

### RESUMEN

La estacionalidad de los partos en la búfala (*Bufalypso*) se analizó a través de entrevistas a criadores de búfalos y diagnósticos reproductivos realizados por palpación transrectal y con el apoyo de un ecógrafo. La población en estudio comprendió el 16% de los productores de búfalo de la comunidad de Coclesito, distrito Omar Torrijos, provincia de Colón, dedicados a la actividad con una población que representa el 23% del inventario existente en el Distrito. Se utilizó un modelo básico descriptivo con distribución de frecuencias, determinación de medias y desviación estándar. Los resultados indicaron que las búfalas muestran una estacionalidad en los partos, ocurriendo la mayor parte de los nacimientos durante el tercer trimestre del año (julio a septiembre) con un 80,8% natalidad, mientras que el 69,2% ocurren en agosto y septiembre. La tasa de nacimientos fue de 64,2%, y 76,3% la de gestación, en promedio. Sin embargo, hubo fincas que mostraron entre 80% y 100% de gestación. Durante el estudio no se reportó mortalidad en bucerros, en adultos alcanzó el 2,2% y la tasa de abortos fue de 3,8%. El intervalo entre partos se estimó en 398,5 ( $\pm$  55,86) días. Se concluye que la hembra bufalina presenta una estacionalidad en los partos, concentrándose en los meses de julio a septiembre, con tasas de preñez superior al 70%.

**Palabras clave:** Búfalas, cría, tasa de gestación, tasa de nacimiento, intervalo entre partos.

---

<sup>1</sup> Recepción: 19 de julio de 2021. Aceptación: 20 de noviembre de 2021.

<sup>2</sup> Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria Oriental (CIAOr).

<sup>3</sup> Ministerio de Desarrollo Agropecuario.



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

## SEASONALITY OF CALVING IN BUFFALO (*Bufalypso*) UNDER LOW TROPICAL CONDITIONS IN PANAMA

### ABSTRACT

Calving seasonality of buffalo (*Bufalypso*) was examined from interviewing buffalo breeders and reproductive diagnoses through transrectal palpation and ultrasound. The population under the study comprised 16% of the producers engaged in the activity with a population that represented 23% of the total inventory. Data were analyzed using basic descriptive statistics with frequency distribution, determination of means and standard deviation. Results indicated the buffaloes show a seasonality of calving occurring mostly during the third quarter of the year (80,8%), with 69,2% of them happening between August to September. Birth rate was 64,2%, and gestation rate was on average 76,3%, however, there were farms in which it reached 80 and 100%. During the period in which the information was examined, no mortality was reported in calves, in adults it was 2,2%; the abortion rate was 3,8%. Calving interval was estimated at 398,5 ( $\pm 55,86$ ) days. It is concluded that buffaloes show a seasonality of calving from July to September, with pregnancy rate 70%.

**Key words:** Buffaloes, breeding, gestation rate, birth rate, interval between births.

### INTRODUCCIÓN

Los búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) son grandes rumiantes que juegan un rol importante en las vidas de millones de seres humanos como fuente de leche, carne, energía de tiro y transporte en varios países de Asia, incluida la India. Su resistencia a las enfermedades, capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas, la mayor digestibilidad de los pastos de baja calidad, el crecimiento más rápido y el aumento de peso corporal en los búfalos muestran su versatilidad y capacidad para contribuir positivamente a la producción ganadera sostenible (Naveena y Kiran, 2014).

Hoy día, la producción de búfalos constituye una creciente alternativa de producción para zonas, en donde la oferta forrajera es de pobre calidad, los pastos tienen baja digestibilidad, existen altas cargas parasitarias y los suelos tienen drenaje ineficiente, lo que significa que están anegados la mayor parte del año. Después de las vacas lecheras, el búfalo de agua es considerado como la especie más importante para la producción



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

láctea, gracias a sus bondades, entre las que destacan: prolificidad, precocidad, rusticidad, longevidad, producción y alto valor nutricional de la leche (Mitat, 2011; Fericean, 2016).

Los búfalos son nativos de Asia, y la especie *Bubalus bubalis* sp, incluye 19 razas, siendo las razas más conocidas la Carabao, Mediterránea, Murrah y Jafarabadi. Su población mundial ronda los 170 millones de cabezas, siendo Asia el continente que concentra la mayor cantidad de búfalos y la India el país con mayor población, seguido por Pakistán y China (Almaguer, 2007).

En Panamá, los búfalos fueron introducidos por el General Omar Torrijos en el año de 1971 procedentes de la Isla de Trinidad y Tobago, en donde S. Bennett en 1949, seleccionó la raza *Bufalypso* a partir del cruzamiento de seis razas indicas a saber: Murrah, Surtí, Jafarabadi, Nili, Nagpuri y Bhadawari. Este fue un cruzamiento seleccionado para la producción de leche y carne, alcanzando producciones de hasta 1372 kg de leche con lactancias de 305 días, presenta el primer parto a los  $37,69 \pm 1,69$  meses de edad con 320 kg - 570 kg de peso vivo y un período inter-partal de  $415 \pm 30,04$  días. Su coloración puede ser amarillo, rojizo y negro. Los machos pesan entre 600 kg y 700 kg y las hembras 450 kg y 500 kg (Almaguer, 2007).

De acuerdo a numerosos criadores, el búfalo de agua supera en rentabilidad al ganado Cebú bajo condiciones de tierras pobres debido a su alta rusticidad y capacidad de realizar mejor aprovechamiento de los pastos naturales, sin embargo, la eficiencia reproductiva es uno de los principales factores que afectan la productividad de la hembra bufalina, la cual está determinada por factores como el inicio tardío de la pubertad, la estacionalidad reproductiva multifactorial, la pobre expresión del estro y el anestro posparto prolongado, con el consecuente aumento del intervalo entre partos (Murugavel et al., 2009; Nam, 2010; Sah y Nakao, 2010).

La agrupación estacionaria de los partos en una época del año, determina una producción no estable dificultando la comercialización de los productos lácteos y leche, al perderse los mercados por falta de continuidad en el abastecimiento (Moser, 2001).



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

En Cuba se ha observado que el 65% de los partos tienen lugar entre los meses de agosto y octubre (Campo et al., 1997) y son varias las causas que pueden originar este comportamiento, siendo las más importantes el clima (temperatura, humedad, régimen de lluvias) (Vale, 1994), la alimentación y el manejo (Dargie, 1990), la intensidad de la luz (Zicarelli, 2001).

El búfalo es una especie poliéstrica que exhibe una estación reproductiva de día corto, similar a rumiantes como la oveja y la cabra (Baki et al., 2013). Su actividad sexual aumenta o es favorecida cuando las horas de luz diaria disminuyen y el clima se torna más frío (Marai y Haeeb, 2010; Baki et al., 2013). En regiones tropicales como Sri Lanka, India, Cuba y la región amazónica del Brasil, donde el fotoperiodo es constante, los cambios en las precipitaciones anuales parecen influir en el patrón reproductivo, atribuido a la calidad y disponibilidad del forraje (Almaguer, 2007; Perera, 2008, 2011), permitiendo los nacimientos en épocas de abundante disponibilidad de forraje, asegurando la producción de leche por parte de la madre y el crecimiento de los recién nacidos en condiciones climáticas favorables (Malpaux et al., 2001; Zerbe et al., 2012). Sin embargo, si bien la estacionalidad de los partos limita la producción de la especie bufalina (Baruselli et al., 1996; Martínez et al., 2009; Hassan et al., 2010), en las zonas ecuatoriales, la principal limitante de la reproducción es la nutrición y el estrés térmico (Almaguer, 2007; Perera, 2008, 2011).

Debido a la limitada información sobre la estacionalidad de los partos en hembras bubalinas (bufalipso) manejadas en un sistema extensivo y alimentación a base de pasturas nativas, se realizó el presente estudio con el objetivo de determinar la estacionalidad en la especie bajo las condiciones de trópico bajo en Coclesito, distrito Omar Torrijos, provincia de Colón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localidad

El estudio se realizó en la comunidad de Coclesito, distrito Omar Torrijos, provincia de Colón, zona que se caracteriza por tener una temperatura anual promedio de 26,5 °C;



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

precipitación entre 2500 mm y 4000 mm anuales y humedad relativa superior al 75%, lo que la ubica dentro de un clima tropical lluvioso y una zona 5 descrita con exceso de lluvia, muy lluviosa, sin tener una temporada de sequía marcada y con suelos de poca a mediana profundidad.

## **Metodología**

### **Tamaño de la muestra**

De acuerdo a información por Polanco (2021), en el distrito Omar Torrijos existen aproximadamente 25 pequeños productores que se dedican a la cría de búfalos con un inventario total que no alcanza los 300 animales. De este universo, se seleccionó el 16% (4/25) de productores con un inventario que representa el 23% del hato bufalino.

La selección fue al azar y se analizaron los registros de parto de 28 hembras multíparas de la raza *Bufalypso* ocurridos durante el 2020. En las explotaciones seleccionadas, todos los rebaños tenían similares condiciones de manejo; la alimentación era a base de pastos naturales (*Ischaemun indicum*) sin fertilizar y las hembras recibían suplementación mineral a través del suministro de sal mineralizada.

### **Diagnósticos de gestación**

El diagnóstico de gestación se realizó por palpación transrectal y para gestaciones más tempranas se utilizó un ecógrafo SonoScape A6 portátil, con un transductor lineal de 6,6 mhz. Este equipo también se utilizó en la identificación de estructuras ováricas como folículos antrales, cuerpos lúteos y para medir el tamaño de ovarios.

### **Variables de respuesta**

Se consideraron las siguientes;

- a. Distribución de los partos a través del año
- b. Natalidad
- c. Tasa de gestación
- d. Intervalo entre partos



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

## Análisis de los datos

Es un estudio de caso y los datos recabados se analizaron a través de un modelo básico descriptivo con distribución de frecuencias.



**Figura 1. Diagnóstico de gestación por palpación transrectal en búfalos.**



**Figura 2. Identificación de estructuras ováricas utilizando el ecógrafo.**



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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a. Distribución de los partos a través del año

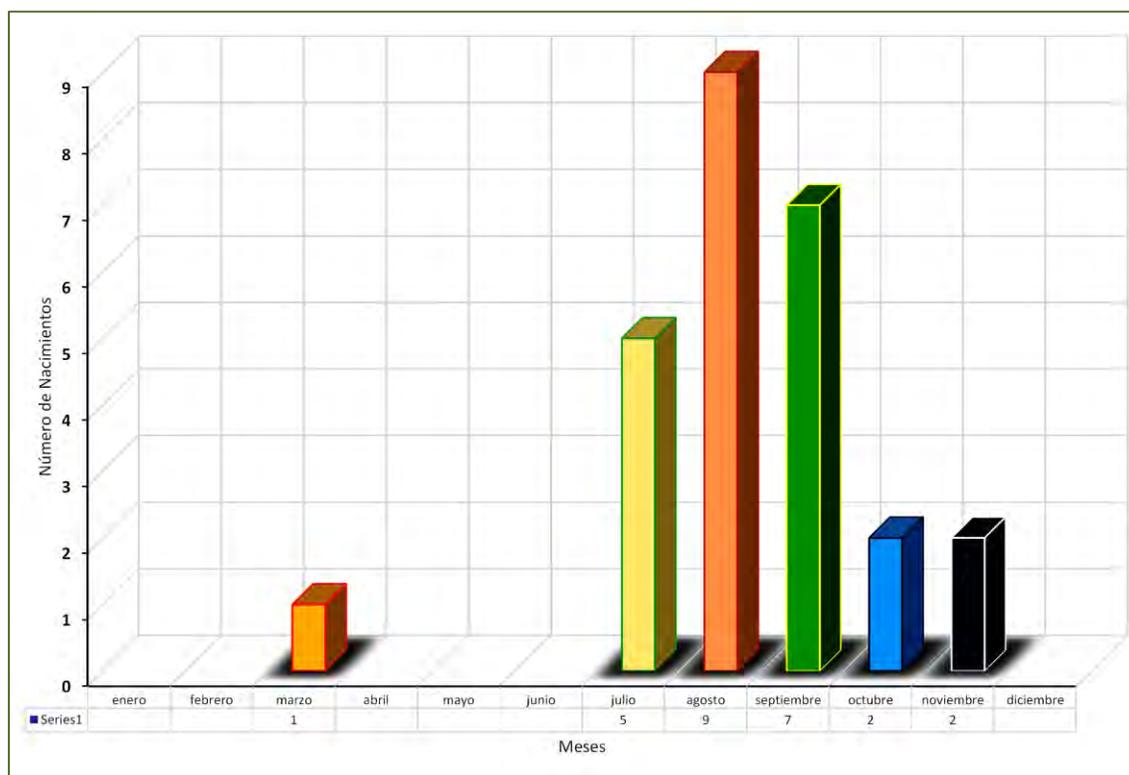
Para el año 2020 se registraron un total de 26 nacimientos en los cuatro hatos estudiados, de los cuales el 80,8% se dieron en el tercer trimestre del año 2020. Los meses de mayor nacimiento fueron julio, agosto y septiembre (Figura 3). Durante el periodo comprendido entre los meses de agosto a octubre ocurrieron el 69,23% de los nacimientos, coincidiendo con lo reportado por Campo et al. (1997) quienes señalan que en Cuba el 65% de los partos ocurre en este mismo periodo. Por su parte, Almaguer et al. (2015) obtuvieron en hembras bufalipso de Bayamo una concentración de un 76% de partos entre los meses de junio a septiembre.

Lo anterior muestra una fuerte estacionalidad de los partos como ha sido reportado para los búfalos de Río por Singh et al., 1996; Hincapié, 2000. La distribución de los partos en los diferentes meses del año muestra que no se presentan partos en los meses de enero a junio ocurriendo el 96,2% del total de partos en la época de lluvia, de acuerdo a este estudio, lo cual es superior a lo encontrado por Campo et al. (1997) y por Almaguer et al. (2015) quienes señala que en Cuba entre 80,3% y 90,4% de los partos ocurre en el período lluvioso de la Isla.

En un estudio realizado por Sánchez et al. (2017) con búfalas de río, en la región del Río Magdalena en Colombia (zona con fotoperiodo constante), determinaron que se mostraba una estacionalidad reproductiva asociada con la temperatura ambiental, el régimen de lluvias y la humedad relativa, sin descartar los factores genéticos y la disponibilidad de alimento. Estos investigadores obtuvieron un 54,7% de concepciones durante el primer semestre del año, una mayor fertilidad en el periodo diciembre-marzo (47,8 %) y menores índices de concepción en junio (3,8 %) y julio (3,9 %). Estos resultados evidencian que el efecto estacional no es solamente inducido por el fotoperiodo.



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



**Figura 3. Distribución de los partos en la hembra bufalina. 2020.**

**b. Tasa de natalidad y de gestación**

La tasa de natalidad estuvo en 64,2%, el cual es un valor inferior a lo reportado por Campo et al. (1997) quien obtuvo tasas de natalidad de 98,2% en hatos de *bufalypso* y mestizas en Cuba. Esta baja en la concepción podría estar asociada a que, en algunas de las fincas que participaron en este estudio, no se contaba con reproductor el año anterior al estudio.

El diagnóstico de gestación se realizó por palpación transrectal apoyado con el uso de la ecografía. En promedio, la tasa de preñez fue de 76,3%, aunque en algunas fincas en estudio, las tasas fueron superiores, por ejemplo, una de ellas reporto el 100% de preñez y en otra se encontró el 80%. Estas fincas están dentro de los valores reportados por Almaguer (2007) quien indica que las tasas de preñez en búfalas deben estar entre 80% y 90%.



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

En lo referente a muerte perinatal y hasta el destete, no se reportaron muertes de bucerros durante el periodo de estudio valores inferiores a los que encontró Campo et al. (2005) quienes reportaron 2,2% de mortalidad en bucerros de búfalas de río. En adultos, la tasa de mortalidad estuvo en 2,2%, superior a lo señalado por Vásquez et al. (2020) y Almaguer (2007) quienes indican que ésta debe ser menor de 1%.

Durante el año en que se analizaron los registros, solo se reportó un 3,84% de abortos en las hembras, valor que está muy por debajo de lo que encontró Isuiza et al. (1996) quien encontró porcentajes de aborto de 6,23% en búfalas mestizas.

### c. Intervalo entre partos (IEP)

El estudio indica que el IEP fue de 398,53 ( $\pm$  55,86) valores cercanos a los que lograron Do Nascimento y Carvalho (1978) y Carvalho (1984) que son de 410 a 389 días, respectivamente. Así mismo, son inferiores a los 524,2 días que señala Isuiza (1996) y de 458,4 a 554,4 días señalados por Jiménez (1981) en la zona inundable de la Amazonía peruana. Los días abiertos se estimaron en 42,31  $\pm$  3,43 (ver Cuadro).

**Cuadro. Índices zootécnicos estimados para el periodo del estudio.**

INDICE ZOOTECNICO	MEDIA	RANGO
Tasa de gestación (%)	76,3 $\pm$ 0,21	50 - 100
Nacimientos (%)	64,2 $\pm$ 13	60 - 80
Mortalidad en bucerros (perinatal al destete (%))	0	
Mortalidad en adultos (%)	2,2	
Intervalo entre partos (días)	398,53 $\pm$ 55,86	364,5 - 539
Días abiertos (días)	42,31 $\pm$ 3,43	35 - 45



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

## CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio, se concluye que los rebaños estudiados presentan una estacionalidad de sus partos. Así mismo, se observó una alta tasa de gestación y un intervalo de parto menor a un año, lo que nos indica una alta fertilidad.

## RECOMENDACIÓN

Ampliar la muestra en el tiempo, establecer las causas de la estacionalidad de los partos y presentar una propuesta que permita determinar el potencial de la raza Bufalypto para la producción de leche y carne en el distrito Omar Torrijos.

## REFERENCIAS

- Almaguer Pérez, Y., Font Puente, H., Bázquez González, R., Quirino, C. R., Montes Torres, I. (2015). Estacionalidad de los partos en hembras bubalinas (*buffalypto*) de la Empresa Agropecuaria Bayamo en Granma. REDVET-Revista Electrónica de Veterinaria, 16(5):1-7. ISSN 1695-7504. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638742007.pdf>
- Almaguer Pérez, Y. (2007). El Búfalo, una opción de la ganadería. REDVET- Revista Electrónica de Veterinaria, 8(8):1-23. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/razas\\_de\\_bufalos/99-opcion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/99-opcion.pdf)
- Baruselli, P. S., Mucciolo, R. G., Visintin, J. A., Viana, W. G., Arruda, R. P., Madureira, E. H., Molero Filho, J. R. (1996). Ovarian follicular dynamics during the estrus cycle in buffalo (*Bubalus bubalis*). Preliminary research. *Ann N Y Acad Sci*, 791:408-411. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1996.tb53547.x>
- Baki Acar, D., Birdane, M. K., Dogan, N., Gurler, H. (2013). Effect of the stage of estrous cycle on follicular population, oocyte yield and quality, and biochemical composition of serum and follicular fluid in Anatolian water buffalo. *Anim Reprod Sci*, 137:8-14. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.12.004>



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

- Campo, E., García, L., Alonso, J. C. (1997). Valoración clínico hormonal de la actividad ovárica en búfalos de río. *Rev. Univ. Norte de Paraná*. 1(1):145-150.
- Carvalho, L.O.D. de M. (1984). Principais Resultados de Pesquisa com Bubalinos Na Amazonia. Belem - PA, EMBRAPA-CPA TU. 22 p.
- Dargie, J. D. (1990). Helping small famers to improve their livestock. Proc. Nuclear techniques in food and agriculture International Atomic Energy Agency. p. 35.
- Do Nascimento, C. N. B., y Carvalho, L.O.D. de M. (1978). Características reproductivas de búfalos da raza Mediterránea. Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, XV, Belem, Brasil. 149 p.
- Fericean, L. M. (2016). Observations regarding the buffalo's behavior raising in extensive system. *Research Journal of Agricultural Science*, 48(2):42-49.
- Hassan, F., Khan, M. S., Rehman, M. S., Sarwar, M., Bhatti, S. A. (2010). Seasonality of calving in Nili-Ravi buffaloes, purebred Sahiwal and crossbred cattle in Pakistan. *Ital. J. Anim. Sci*, 6: 1298-1301. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.1298>
- Hincapié, J. H. (2000). Caracterización del comportamiento reproductivo y evaluación de la fertilidad en la inseminación artificial de búfalas de agua (*Bubalus bubalis*) bajo condiciones de la república de Honduras. [Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. UNAH. La Habana]. p. 153.
- Isuiza, C. M., Pezo, P. P., López, P. J. (1996). *Estudio sobre el búfalo de agua en Jenaro, Herrera*. Documento Técnico N°23. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos – Perú. 63 p.
- Jiménez, H. L. A. (1981). Aspectos Reproductivos del Búfalo de Agua de la Amazonía Peruana, 1976-1980. UNAP, Facultad de Agronomía, Iquitos. 24 p.



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

- Nam, N. H. (2010). Characteristics of reproduction of the water buffalo and techniques used to improve their reproductive performance. *J. Sci. Dev* 8:100-11
- Naveena, B. M., Kiran, M. (2014). Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security. *Animal Frontiers*, 4 (4):18–24. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0029>
- Malpaux, B., Migaud, M., Tricoire, H., Chemineau, P. (2001). Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *J Biol Rhythms*, 16: 336-347. <https://doi.org/10.1177%2F074873001129002051>
- Marai, I. F. M., y Haebe, A. A. M. (2010). Buffalo's biological functions as affected by heat stress - a review. *Livest Sci*, 127:89-109. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.08.001>
- Martinez, A., Ray, J., López, R., Benítez, D., Guevara, O. (2009). Comportamiento de algunos indicadores productivos y reproductivos del búfalo de río en la provincia Granma. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 43(2):127-130. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015425004.pdf>
- Mitat, A. (2011). *El Buffalypso en Cuba*. VI Simposio de Búfalos de las Américas y Europa.
- Moser, P. (2001). Búfalos de agua. Finca La Guanota. San Fernando de Apure. Venezuela. pp. 2-7.
- Murugavel, K., Antoine, D., Raju, M. S., López-Gatius, F. (2009). The effect of addition of equine chorionic gonadotropin to a progesterone-based estrous synchronization protocol in buffaloes (*Bubalus bubalis*) under tropical conditions. *Theriogenology*, 71: 1120-1126. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.12.012>
- Perera, B. M. A. O. (2011). Reproductive cycles of buffalo. *Anim Reprod Sci*, 124:194-199. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.022>



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

- Perera, B. M. A. O. (2008). Reproduction in domestic buffalo. *Reprod Domest Anim*, 43 (Suppl 2): 200-206. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01162.x>
- Polanco, P. (2021). Secretaria de la Asociación Nacional de Bufaleros de Panamá (ANABUPA), capítulo de Coclesito. Productora de Búfalos. Entrevista personal 23 de marzo de 2021.
- Sánchez, J. A., Romero, M. H., y Suárez, Y. J. (2017). Estacionalidad reproductiva de la hembra bufalina (*Bubalus bubalis*). *Rev Inv Vet Perú*, 28(3):606-618. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13289>
- Sah, S. K., y Nakao, T. (2010). A clinical study of anestrus buffaloes in southern Nepal. *J Reprod Dev*, 56:208-211. <https://doi.org/10.1262/jrd.09-137T>
- Singh, D. V., Dave, A. S., y Tripathi, V. N. (1996). Influence of parity, month and season of calving on calving to conception interval in Meshana buffaloes. *Indian Vet. J.*, 73(7):753-756.
- Vale, W. (1994). *Reproductive Management of water buffalo under amazon conditions*. Training course of biotechnology of reproduction in buffaloes. Sao Paulo 27-30. June. pp. 126-132.
- V. zquez, D., Lara, D. A., Ácar, N. B. (2020). Búfalo de agua *Bubalus bubalis* parámetros zootécnicos en el sur de Veracruz, México. <https://bmeditores.mx/ganaderia/bufalo-de-agua-bubalus-bubalis-parametros-zootecnicos-en-el-sur-de-veracruz-mexico/>
- Zerbe, P., Clauss, M., Codron, D., Bingaman Lackey, L., Rensch, E., Streich, J. W., Hatt, J. M., Müller, D. W. H. (2012). Reproductive seasonality in captive wild ruminants: implications for biogeographical adaptation, photoperiodic control, and life history. *Biol. Rev Camb Philos Soc*, 87:965-990. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2012.00238.x>



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

Zicarelli, L. (2001). *Buffalo milk production World-Wide*. Proceeding of the World Buffalo Congress. pp. 202-230.

### **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Municipio del distrito Omar Torrijos Herrera, en especial al Sr. Alcalde Eulalio Yangüés y a la Sra. Pamela Polanco, Tesorera Municipal, a los criadores de búfalos de la comunidad por todo el apoyo brindado durante el levantamiento de este trabajo.



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

### LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los Comentarios al editor/a).
- El archivo de envío está en formato OpenOffice y Microsoft Word.
- Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones DOI o URL para las referencias.
- El texto tiene interlineado a espacio y medio; 11 puntos de tamaño de fuente arial; se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares del texto apropiados, en vez de al final.
- El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en las [Directrices del autor/a](#), que aparecen en Acerca de la revista.

### A. NORMAS GENERALES

La revista Ciencia Agropecuaria publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de las ciencias agropecuarias.

Los escritos deben ser redactados en español y enviados vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](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/download/formato-de-revision/?wpdmdl=916>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos

presentados. Además, la revista provee acceso libre inmediato a su contenido en el principio de que hacer disponibles gratuitamente investigaciones al público apoya a un mayor intercambio de conocimiento global.

Los trabajos deben enviarse vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](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 Normas APA (7<sup>a</sup> ed.) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas.

Sánchez, C. (11 de diciembre de 2019). Actualizaciones en la 7ma (séptima) edición de las Normas APA. *Normas APA (7ma edición)*. <https://normas-apa.org/introduccion/actualizaciones-en-la-7ma-septima-edicion-de-las-normas-apa/>

## **Generalidades**

- Evitar el uso de referencias de datos no publicados, ya que no se encuentran con la disponibilidad para los lectores que deseen acceder a esas fuentes.
- Las referencias bibliográficas en el texto deben aparecer citadas en idioma español independiente del idioma de origen de la fuente.
- En la literatura cita las referencias deben redactarse de acuerdo con el idioma de origen de la misma.

- No se aceptan referencias bibliográficas que tengan más de diez años de antigüedad, a menos que sea indispensable o sea trabajos clásicos que mantienen su vigencia en el tiempo.
- Evitar más de tres citas para apoyar una idea o información.
- Las citas en el texto según APA la cita parentética menciona separando con una coma el apellido del primer autor del año; si son dos autores el apellido de cada autor va separado por “y”, finalmente cuando se trata de referencias con más de dos autores, se menciona el apellido del primer autor seguido de “et al.”.

Ejemplos:

<b>Tipo de autor</b>	<b>Cita parentética</b>	<b>Cita narrativa</b>
Un autor	(Fernández González, 2010)	Fernández González (2010)
Dos autores	(Echeita y Serrano, 2019)	Echeita y Serrano (2019)
Tres o más autores	(Blanco et al., 2019)	Blanco et al. (2019)
Autor corporativo o institucional con siglas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primera cita</li> <li>• Citas sucesivas</li> </ul>	(Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016) (OMS, 2016)	Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) OMS (2016)
Autor corporativo o institucional sin siglas	(Colegio Oficial de la Psicología de Madrid, 2020)	Colegio Oficial de la Psicología de Madrid (2020)

### **Casos especiales:**

- Citas múltiples de un mismo autor y fecha: (Rodríguez, 2007a) o Rodríguez (2007b)
- Autores con apellidos iguales (se incluye la inicial del nombre): (J.M. Taylor, 2015; T. Taylor, 2014)
- Traducciones: (Piaget, 1966/2000) o Piaget (1966/2000)

## Citas textuales:

En este tipo de citas debemos incluir autor, año y número de página/s. Si el trabajo no está paginado indicar sección o párrafo en el que se encuentra la información.

- Menos de 40 palabras: introducir en el texto la información entrecomillada.
- Más de 40 palabras: introducir la información en párrafo aparte con margen de 5 espacios y sin utilizar comillas.
- Cita textual extraída de una página: (Blanco et al., 2019, p. 252)
- Cita textual extraída de más de una página: (Blanco et al., 2019, p. 252-253)
- Cita textual sin numeración de página: (Blanco et al., 2019, párr. 3)

## Redactar referencias en APA

### Libro en papel

Echeita, G., y Serrano, G. (2019). Educación inclusiva: el sueño de una noche de verano. Octaedro.

### Libro electrónico

Pichardo Galán, J., y St. fano Barbero, M. (Eds.). (2015). *Diversidad sexual y convivencia: una oportunidad educativa*. Universidad Complutense de Madrid. [http://eprints.ucm.es/34926/1/Diversidad\\_y\\_convivencia\\_2015\\_FINAL.pdf](http://eprints.ucm.es/34926/1/Diversidad_y_convivencia_2015_FINAL.pdf)

### Capítulo de libro

Gilmartín, M. A. (2008). Ambientes escolares. En J. A. Aragonés y M. Amérigo (Eds.), *Psicología ambiental* (pp. 221-237). Pirámide.

### Entrada en diccionario o enciclopedia

American Psychological Association. (n.d.). Educational Psychology. En *APA dictionary of psychology*. Recuperado 26 Junio, 2020, de <https://dictionary.apa.org/educational-psychology>

### Artículo de revista en papel

Rodríguez, C. (2007). God's eye does not look at signs. Early development and semiotics. *Infancia y Aprendizaje*, 30(3), 343-374.

## Artículo de revista electrónica

- Artículo de revista con paginación y doi

Blanco, M., Veiga, O. L., Sepúlveda, A. R., Izquierdo-Gomez, R., Román, F. J., López, S., y Rojo, M. (2019). Ambiente familiar, actividad física y sedentarismo en preadolescentes con obesidad infantil: estudio ANOBAS de casos-controles. *Atención Primaria*, 52(4), 250-257. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.05.013>

- Artículo de revista con identificador electrónico (eLocator)

Buring, D., Kilteni, K., Rabuffetti, M., Slater, M., y Pia, L. (2019). Body ownership increases the interference between observed and executed movements. *PLOS ONE*, 14(1), Article e0209899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209899>

## Comunicación en Congreso

Alonso-Vega, J., Álvarez-Iglesias, A., Ávila-Herrero, I., y Froxán-Parga, M. X. (2019, junio 18). *Verbal interaction analysis of the intervention to an adult with severe behavioral problems* [Presentación de póster]. XVI European Congress of Psychology, Moscú, Rusia. <https://doi.org/10.26226/morressier.5cf632bbaf72dec2b055469e>

## Legislación

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>

## Test

Wechsler, D. (2005). *Escala de inteligencia de Wechsler para niños-IV (WISC-IV): Manual técnico y de interpretación*. TEA

## Página web

Organización Mundial de la Salud. (2016, Abril). *Preguntas y respuestas sobre los trastornos del espectro autista (TEA)*. <https://www.who.int/features/qa/85/es/>

## Tesis doctoral o trabajo académico

Fernández González, A. (2010). La inteligencia emocional como variable predictora de adaptación psicosocial en estudiantes de la Comunidad de Madrid [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Biblos-e Archivo. <http://hdl.handle.net/10486/4872>

## **Audiovisuales**

TED. (2018, Septiembre 24). *Paolo Bortolameolli: ¿Por qué nos emociona la música?* [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/ulDYtj8kQUs>

## **Redes Sociales**

- Perfil de Twitter

APA Style [@APA\_Style]. (n.d.). *Tweets* [Perfil de Twitter]. Twitter. Recuperado Junio 19, 2020, de [https://twitter.com/APA\\_Style](https://twitter.com/APA_Style)

- Tweet

APA Education [@APAEducation]. (2018, Junio 29). *College students are forming mental-health clubs-and they're making a difference@washingtonpost* [Imagen con enlace adjunto] [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/apaeducation/status/1012810490530140161>

- Página de Facebook

Colegio Oficial de la Psicología de Madrid. (n.d.). *Home* [Página de Facebook]. Facebook. Recuperado Junio 19, 2020, de <https://es-es.facebook.com/Colegio-Of-de-la-Psicolog%C3%ADa-de-Madrid-155367554511985/>

## **No debe incluir lo siguiente:**

Hay algunos tipos de trabajos que no deben ser incluidos en la lista de referencias. Por lo general, la razón por la cual no se incluye un trabajo es porque los lectores no podrán recuperarlo o porque la mención es tan amplia que los lectores no necesitan una entrada en la lista de referencias para comprender el uso.

Menciones generales de páginas web completas, publicaciones periódicas completas no requieren citas en el texto o entradas en la lista de referencias porque el uso es amplio y la fuente es familiar.

Las comunicaciones personales como correos electrónicos, llamadas telefónicas o mensajes de texto se citan solo en el texto, no en la lista de referencias, porque los lectores no pueden recuperar las comunicaciones personales.

Las frases o mensajes de eventuales entrevistados en la investigación pueden ser presentadas y discutidas en el texto, pero no necesitan citas ni entradas en la lista de referencias. En este caso, no es necesario una cita y su respectiva referencia porque las frases son parte de su investigación original. Además, también podrían comprometer la confidencialidad de los participantes, lo cual es una violación ética.

La fuente de una dedicatoria generalmente no aparece en la lista de referencias a menos que el trabajo sea un libro o revista académica. Por ejemplo, si agregas al comienzo de tu documento una cita inspiradora de un famoso, la fuente de la cita no aparece en la lista de referencia porque la cita está destinada a establecer el escenario para el trabajo, y no para justificar un punto clave.

## Formato

La lista de referencias debe iniciar en una nueva página separada del texto. El título de esta página debe ser "Referencias" y debe estar centrado en la parte superior de la página. La palabra Referencias debe ir en negrita.

Las referencias deben estar organizada en orden alfabético de acuerdo con el apellido y las iniciales del nombre del primer autor.

Recordar: Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros, figuras e imágenes. Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre genérico o ingrediente activo.

## B. NORMAS ESPECÍFICAS

### 1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (afiliación, dirección, correo electrónico en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

1. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
2. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y sus dos apellidos sin abreviar y separados por un guion, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor e indicar en el pie de página la afiliación de cada autor, Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis), dirección o correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
3. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.

4. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
5. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento. Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros y figuras.
6. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología. Se deberá presentar los detalles necesarios para que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.
7. **Resultados y discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible, (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada. En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, los efectos e implicaciones.
8. **Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
9. **Referencias:** Se incluirá sólo la literatura citada tomando en cuenta la Norma APA (7ª) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas y se acepta con un mínimo de 10 citas.
10. **Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

## 2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

1. **Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.
2. **Notas técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa (4) Temas de interés, científico y tecnológico. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, Referencias, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de 3.

### **3. COMUNICACIONES CORTAS**

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Una extensión máxima de 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

### **4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS**

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

