



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Informe del trabajo experimental para la obtención del título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GE-  
NOTIPOS DE BRACHIARIA**

**Autor**

ÁNGEL MAURICIO GUERRERO FLORES

**Director**

RODRIGO ALBERTO SAQUICELA ROJAS, *MSc.*

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

ENERO – 2017

**ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GE-  
NOTIPOS DE BRACHIARIA**

Ing. Rodrigo Alberto Saquicela Rojas, *MSc.*

**DIRECTOR**

---

**APROBADO**

Dr. Marco Vinicio Acosta Jácome, *MSc.*

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Luis Wilfrido Gusqui Vilema, *MSc.*

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Dr. Holger Cristóbal Salcán Guamán, *MSc.*

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo,.....de.....2017.

Autor : **ÁNGEL MAURICIO GUERRERO FLORES**

Institución: **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

Título: **ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GENOTIPOS DE BRACHIARIA**

Fecha: **ENERO, 2017**

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad del autor y no ha sido plagiada.



---

**Ángel Mauricio Guerrero Flores**

**C.I. 1717148249**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Sede Santo Domingo**

**INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Santo Domingo, 01 de Diciembre de 2016.

Marco Acosta, *MSc.*

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo escrito de titulación realizada por el señor: **ÁNGEL MAURICIO GUERRERO FLORES**, cuyo título es: **“ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GENOTIPOS DE BRACHIARIA”**; ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, el mismo que no ha sido plagiado, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente,



---

Ing. Rodrigo Saquicela, *MSc.*

## **DEDICATORIA**

*Mi tesis va dedicada con todo mi amor y cariño a mis padres que han sido la parte fundamental para yo poder seguir adelante preparándome cada día, ellos son los que velan por nuestro bienestar, estudio, salud, educación y lo más principal el cariño inmenso que me brindan, ellos han sido la fuerza necesaria para continuar luchando cada paso que doy día tras día y así poder seguir adelante rompiendo barreras que se interpongan en mi camino y estas no me permitan seguir adelante.*

*Ellos es a quien les debo todo lo que soy, horas de consejos, de regaños, de tristezas y de alegrías de las cuales estoy muy seguro que los han hecho con todo el amor del mundo para formarte como un ser integral y de lo cual me siento extremadamente orgulloso.*

*Guerrero Flores Ángel Mauricio*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecerle a mi Dios; ya que tú eres lo más puro y esencial que existe en nuestra posición firme para poder alcanzar esta meta, esta alegría, que con tu sabiduría y amor derramaste toda tu confianza en mí. A través de esta meta alcanzada, podre siempre de tu mano alcanzar otras que espero sean para tu gloria.*

*A mis adorados padres: Afraneo Rigoberto Guerrero Ojeda (+) y Nancy Liliana Flores Guerrero, por darme la estabilidad emocional, económica, sentimental; para poder llegar a este logro, que sin ellos nos lo hubiera podido conseguir, los amo con todo mi corazón y siempre serán el regalo más hermoso que puedo y podré tener en mi vida.*

*A todos mis profesores que me impartieron sus conocimientos desde mi primer día de clases hasta el último de la Universidad Tecnológica Equinoccial “UTE”, para mí que es una de las mejores universidades que esta nos permite superarnos día tras día, a mi director de tesis al Ing. Rodrigo Saquicela, agradecerle por la paciencia que me tuvo y quien me supo impartir su valiosos y avanzados conocimientos, por último a todos mis familiares y amigos que confiaron en mí que me brindaron el apoyo necesario cuando más lo necesitaba en todos los momentos de esta gran etapa de mi vida, y durante el desarrollo de esta tesis para alcanzar y obtener la meta que me había planteado.*

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**  
**PROYECTO DE TITULACIÓN**

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	171714824-9
APELLIDO Y NOMBRES:	Ángel Mauricio Guerrero Flores
DIRECCIÓN:	Urb. Los Rosales 1er etapa Mz2 C14
EMAIL:	cheveremau-25@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2758-256
TELÉFONO MOVIL:	0982342743

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Absorción de nutrientes por la producción primaria de genotipos de <i>Brachiaria</i>
AUTOR O AUTORES:	Ángel Mauricio Guerrero Flores
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	03/01/2017
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Rodrigo Saquicela, MSc.
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuaria
RESUMEN: Mínimo 250 y máximo 1000 palabras	La absorción de nutrientes es importante para mejorar la producción de los cultivos. En esta investigación se evaluó la absorción de nutrientes de los genotipos de <i>Brachiaria</i> : Mulato II, Xaraés, Piatá, Decumbens y Marandú du-

	<p>rante la época lluviosa (enero a junio) de 2015. Los genotipos se cultivaron en parcelas de 4 m x 4 m en Santo Domingo, Ecuador. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se utilizó el Modelo Lineal Generalizado y Mixto. El N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu y Zn tuvieron diferentes (<math>P &lt; 0,05</math>) absorciones y concentraciones según los genotipos. Sin embargo, los genotipos absorbieron la misma (<math>P \geq 0,05</math>) cantidad de K, Cu, Fe, Zn en los tallos; al igual que el Cu de las hojas y planta. La concentración de Cu en tallos, hojas y planta, y Zn en tallos fue igual (<math>P \geq 0,05</math>). Los micronutrientes fueron absorbidos (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>) en promedio en el siguiente orden decreciente: K (<math>355,7 \pm 14,3</math>), N (<math>173,8 \pm 09,6</math>), Ca (<math>198,1 \pm 10,1</math>) en igual cantidad y mayor que el Mg (<math>45,9 \pm 2,2</math>), P (<math>27,6 \pm 0,9</math>) y S (<math>19,1 \pm 1,4</math>). Los micronutrientes (<math>\text{g ha}^{-1}</math>), de mayor a menor, así: Fe (<math>1586,1 \pm 071,6</math>), Mn (<math>743,5 \pm 35,3</math>), B (<math>237,5 \pm 9,7</math>), Zn (<math>173,8 \pm 9,6</math>) y Cu (<math>103,3 \pm 2,8</math>). El Decumbens y Mulato II fueron los más eficientes para producir materia seca con la menor cantidad de macronutrientes.</p>
<p><b>PALABRAS CLAVES:</b></p>	<p>Genotipos de Brachiaria, macronutrientes, micronutrientes, época lluviosa, trópico húmedo.</p>
<p><b>ABSTRACT:</b></p>	<p>Absorption of nutrients is important to improve crop production. In this research the absorption of nutrients by Brachiaria genotypes were evaluated: Mulato II, Xaraés, Piata, Decumbens and Marandú during the rainy season (January to June) of 2015. The genotypes grown in plots of 4 m x 4 m in Santo Domingo, Ecuador. The design of a randomized complete block with four replications was used.</p>



	<p>The statistical analysis was done and the Generalized linear mixed model. The N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu and Zn were different (<math>P &lt; 0.05</math>) concentrations as absorptions and genotypes. However, it absorbed genotypes (<math>P \geq 0.05</math>) amount of K, Cu, Fe, Zn in the stems; as Cu and plant leaves. The concentration of Cu in stems, leaves and plant stems and Zn was the same (<math>P \geq 0.05</math>). Micronutrients were absorbed (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>) in pro-half in the following descending order: K (<math>355.7 \pm 14.3</math>), N (<math>173.8 \pm 09.6</math>), Ca (<math>198.1 \pm 10</math> 1) in the same amount and greater than the Mg (<math>45.9 \pm 2.2</math>), P (<math>27.6 \pm 0.9</math>) and S (<math>19.1 \pm 1.4</math>). Micronutrients (<math>\text{g ha}^{-1}</math>), from highest to lowest, as follows: Fe (<math>1586.1 \pm 071.6</math>), Mn (<math>743.5 \pm 35.3</math>), B (<math>237.5 \pm 9.7</math>), Zn (<math>173.8 \pm 9.6</math>) and Cu (<math>103.3 \pm 2.8</math>). The Decumbens and Mulato II were the most efficient to produce dry matter with the least amount of macronutrients.</p>
<b>KEYWORDS</b>	<p>Brachiaria genotypes, macronutrients, micronutrients, rainy season, humid tropics.</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f: \_\_\_\_\_

ÁNGEL MAURICIO GUERRERO FLORES

171714824-9

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ANGEL MAURICIO GUERRERO FLORES**, CI 171714824-9 autor del proyecto titulado:  
**“ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GENOTIPOS DE BRACHIARIA.”** previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROPECUARIO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 03 de Enero 2017



f: \_\_\_\_\_

ANGEL MAURICIO GUERRERO FLORES

171714824-9

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	I
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	II
Responsabilidad del autor.....	III
Aprobación del director.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento.....	VI
Formulario de registro bibliográfico.....	VII
Declaración y autorización.....	X
Índice de contenido.....	XI
Índice de tablas.....	XII
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Sitio del estudio .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Diseño experimental .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. Condiciones del cultivo .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. Medición de variables .....</b>	<b>4</b>
<b>2.5. Análisis estadístico .....</b>	<b>5</b>
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Macronutrientes.....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Micronutrientes.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

1	Promedios $\pm$ error estándar ( $n = 4$ ) de la absorción de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y producción de materia seca de forraje ( $\text{t ha}^{-1}$ ) por los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época lluviosa de 2015 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador.....	8
2	Promedios $\pm$ error estándar ( $n = 4$ ) de la absorción de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y producción de materia seca de forraje ( $\text{t ha}^{-1}$ ) por los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época lluviosa de 2015 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador.....	9
3	Medias $\pm$ error estándar ( $n = 4$ ) de absorción de micronutrientes ( $\text{g ha}^{-1}$ ) de los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época lluviosa de 2014 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador.....	15
4	Medias $\pm$ error estándar ( $n = 4$ ) de la concentración de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época lluviosa de 2015 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador.....	16

## I. INTRODUCCIÓN

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2014) en Ecuador existen 2,4 millones de hectáreas con pastos cultivados (8,4 % del total del territorio nacional) de las cuales el 5,6 % corresponden al género *Brachiaria*. Existen 4,6 millones de bovinos en todo el país, de los cuales hay 1,8 millones que se crían en la región costa.

El alimento más adecuado para los rumiantes es el pasto debido a sus características fibrosas necesarias para la digestión y al bajo costo de producción (Bernardi, 2015). La alimentación de los rumiantes en pastoreo implica el consumo de materia seca de los pastos que contiene nutrientes para el crecimiento de los animales como los minerales, proteína, vitaminas, carbohidratos, fibra y lípidos (McDonald y Greenhalg, 1999).

Los minerales son absorbidos por la planta desde el suelo para su desarrollo. Las cosechas de los cultivos extraen minerales o también llamados nutrientes para las plantas (Mengel y Kirkby, 2000). Una herramienta útil para conocer la cantidad de nutrientes que requiere la cosecha es la absorción de nutrientes. La absorción sirve para conocer la cantidad de nutrientes que la planta requiere para la producción agrícola por un tiempo definido. Con esta información se hacen los planes de fertilización. Los estudios de la absorción de nutrientes se hace según la fenología del cultivo para encontrar los requerimientos según la edad (Bertsch, 2003).

El pasto es un cultivo perenne y los estudios se realizan de acuerdo a las cosechas o pastoreos. El pasto también requiere del manejo nutricional para mantener la fertilidad del suelo y la productividad del pastizal (Giacomini et. al., 2014).

Se ha investigado la absorción de nutrientes por genotipos de *Brachiaria* (Piatá, Decumbens, Xaraés, Mulato II y Marandú) durante la época seca (julio a diciembre) en el trópico húmedo. Los genotipos tuvieron una producción primaria promedio de 7,9 t ha<sup>-1</sup> de materia seca total y absorbieron 144,2 kg ha<sup>-1</sup> de potasio (K); 158,2 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N); 174,3 kg ha<sup>-1</sup> de calcio (Ca); 201,2 kg ha<sup>-1</sup> de magnesio (Mg); 16,1 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P); y 10,7 kg ha<sup>-1</sup> de azufre (S). Con respecto a los micronutrientes absorbieron 87,3 g ha<sup>-1</sup> de cobre (Cu); 318,2 g ha<sup>-1</sup> de boro (B); 1695,2 g ha<sup>-1</sup> de hierro (Fe); 457,3 g

ha<sup>-1</sup> de zinc (Zn) y 396,7 g ha<sup>-1</sup> de manganeso (Mn) (Cevallos, 2015). No se ha reportado la absorción de nutrientes por genotipos de *Brachiaria* durante la época lluviosa.

Durante la época lluviosa los pastos pueden producir cantidades importantes de materia seca (Zhuma, 2016); siendo importante conocer la absorción de nutrientes durante la época para reponer al suelo los nutrientes extraídos. Con esta información se podrá mejorar los planes de fertilización para los genotipos de *Brachiaria*. En Santo Domingo de los Tsáchilas se ha evaluado la producción forrajera tomando muestras según la fenología de la planta por una sola vez en las épocas seca y lluviosa, además se ha investigado la absorción de nutrientes por la producción primaria de genotipos de *Brachiaria* durante la época seca.

Por tal razón, el objetivo de este proyecto fue analizar la absorción de nutrientes durante la época lluviosa de genotipos de *Brachiaria*: Decumbens, Mulato II, Piatá, Xaraés y Marandú cultivados en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Sitio del estudio

Esta investigación se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Se utilizó muestras de pastos cultivados durante la época lluviosa (enero a junio) de 2015. La región pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (Jiménez, 1980). El clima prevalente se caracterizó por una precipitación media de 255 mm, temperatura media de 23,1 °C y humedad relativa de 87 %. El suelo donde se cultivó el pasto fue un Andisol de textura franca; con 50 % de arena, 8 % de arcilla, 45 % de limo. Las propiedades químicas (Olsen modificado) fueron las siguientes: pH en agua, 6,05 (ligeramente ácido); materia orgánica, 3,95 % (medio); Ca, 10 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (alto); Mg, 1,1 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (bajo); K, 0,28 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (medio); suma de bases, 11,4 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (alto); N, 20 mg kg<sup>-1</sup> (bajo); P, 3,55 mg kg<sup>-1</sup> (bajo); S, 5,64 mg kg<sup>-1</sup> (medio); Fe, 141 mg kg<sup>-1</sup> (alto); Zn, 5 mg kg<sup>-1</sup> (medio); Mn, 4,2 mg kg<sup>-1</sup> (bajo); Cu, 10,4 mg kg<sup>-1</sup> (alto) y B, 0,36 mg kg<sup>-1</sup> (medio) (Zhuma, 2016).

### 2.2. Diseño experimental

En la época seca de 2015 (enero a julio) se realizó un experimento de producción primaria de genotipos de *Brachiaria* (Zhuma, 2016). De este experimento se tomaron la primera y última cosecha para el análisis de nutrientes. Las muestras fueron 3 g de tallos y de hojas molidas a 1 mm de diámetro y secadas a 60 °C por 72 h (Faithfull, 2002).

Los cinco tratamientos consistieron en los siguientes genotipos de *Brachiaria*: *Brachiaria híbrida* cv. Mulato (Mulato II), *Brachiaria decumbens* (Decumbens); los cultivares de *Brachiaria brizantha*, Piatá, Xaraés y Marandú. Los tratamientos fueron ejecutados en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Zar, 2010).

### 2.3. Condiciones del cultivo

Las muestras para el análisis de nutrientes se tomaron de un experimento anterior, las alturas de corte de los genotipos fueron de 0,5 m para el Xaraés, 0,4 m para el Piatá y 0,3 m para el Decumbens, Mulato II y Marandú. Las alturas de corte se determinaron

por pastoreo de vacunos de raza Jersey durante 4 h. Los genotipos se muestrearon cuando al menos una planta del genotipo floreció en cualquiera de las parcelas. El intervalo de muestreo para el Decumbens fue en promedio de  $48,3 \pm 7$  d; para el Marandú, 51,5 d; el Xaraés, 53,3 d; el Piatá, 48,8 d y el Mulato II, 59,5 d. El Decumbens y Piatá tuvieron cuatro cortes, Marandú, Xaraés y Mulato; tres cortes (Zhuma, 2016).

Las parcelas se fertilizaron con  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de P,  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mg y  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de K. Las fuentes de los nutrientes fueron la urea, fosfato diamónico, sulfato de magnesio y muriato de potasio. La dosis de nutrientes se calculó con base en el análisis de suelo (Bertsch, 1998), exportación de nutrientes (Quezada, 2014) y el balance de bases del suelo para mantener una relación 60:30:10 de Ca:Mg:K (Calvache, 2008).

#### **2.4. Medición de variables**

Se calculó la absorción total de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Fe, Mn y Zn; que fue la suma de la absorción de nutrientes de las hojas y tallos.

La absorción de nutrientes por las hojas y tallos se calculó multiplicando la producción de materia seca de las hojas producidas durante la época seca de 2015 por la concentración de nutrientes en las mismas, de igual forma para los tallos. Debido a que se analizaron los nutrientes de la primera y cuarta cosecha de los genotipos, se promediaron dichas concentraciones antes de hacer los cálculos indicados.

La concentración de N, P, K, Ca y Mg de las hojas y tallos se analizó por el método de digestión húmeda con ácido nítrico y perclórico relación 2:1. El P se determinó por colorimetría, el N por el método Kjeldhal, el K, Ca y Mg con el espectrómetro de absorción atómica (Román, 2013). El Cu, B, Mn, Fe y Zn se determinó después de la destrucción de la materia orgánica por medio de una digestión ácida, finalmente se midió la concentración con la espectrofotometría de absorción atómica. El B se analizó por el método de valoración colorimétrica con azometina-H (McKean, 1993).



## 2.5. Análisis estadístico

Las variables fueron modeladas con el modelo lineal general y mixto en interfaz con paquetes de R (The R Core Team, 2016). La comparación de medias se hizo con la prueba de la mínima diferencia significativa de Fisher (LSD) corregida con Bonferroni. La significancia se fijó con  $P < 0,05$ . Se utilizó el programa InfoStat versión 2016 para el análisis estadístico (Di Renzo *et al.*, 2016).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Macronutrientes

Durante la época lluviosa de 2014 el K absorbido por los tallos no mostró diferencias ( $P = 0,1019$ ) debido a los genotipos de *Brachiaria*: Decumbens, Marandú, Mulato II, Piatá y Xaraés; mientras que la absorción del N, P, Ca, Mg y S fue diferente ( $P < 0,05$ ) (Tabla 1).

Los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S absorbidos por las hojas y total (tallos más hojas) fueron diferentes según el genotipo ( $P < 0,05$ ). La materia seca de las hojas tuvo igual producción por los genotipos ( $P = 0,2996$ ); mientras que la producción de tallos y hojas fue diferente ( $P < 0,05$ ); sin embargo, la producción de tallos por los genotipos tuvo un solo rango según la prueba de significación LSD (diferencia mínima significativa) corregida con Bonferroni (Tabla 1).

La concentración de N, P, K, Ca, Mg y S en la materia seca de los tallos, hojas y planta fueron diferentes ( $P < 0,05$ ) en los genotipos (Tabla 2).

#### Absorción por los tallos

Los genotipos produjeron la misma cantidad de materia seca durante la época lluviosa. El genotipo Xaraés absorbió la menor cantidad de N ( $60,8 \text{ kg ha}^{-1} \pm 4 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y S ( $5,2 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Decumbens y Marandú, la menor absorción de Ca ( $70,9 \text{ kg ha}^{-1} \pm 6,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Piatá y Xaraés, la menor absorción de Mg ( $14,3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Decumbens, Marandú, Piatá y Xaraés, la menor absorción de P ( $14,4 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El K fue absorbido en igual cantidad por los genotipos ( $195,4 \text{ kg ha}^{-1} \pm 7,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabla 1).

El Xaraés fue el genotipo que absorbió la menor cantidad de macronutrientes en los tallos durante la época lluviosa, excepto para el Ca, y todos los genotipos produjeron igual cantidad de materia seca.

Según Cevallos (2015), el Marandú, Xaraés, Mulato II y Piatá produjeron la menor cantidad de materia seca de tallos durante la época seca y todos aquellos absorbieron la

menor cantidad de K, N, Mg y S. El Mulato II, Xaraés y Piatá absorbieron la menor cantidad de Ca; el P fue absorbido en igual cantidad. Los genotipos Mulato II, Xaraés y Piatá son los genotipos que menos materia seca producen y absorben durante la época seca. Con respecto a la cantidad de macronutrientes absorbidos durante la época lluviosa, estos fueron absorbidos en mayor cantidad que en la época seca, debido a la cantidad de materia seca producida por los tallos, que en promedio fue de  $9,8 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,7 \text{ t ha}^{-1}$  en la lluviosa y  $1,1 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,2 \text{ t ha}^{-1}$  en la seca.

Se observa que el Xaraés es el genotipo que estaría absorbiendo la menor cantidad de macronutrientes y produciendo la menor cantidad de tallos, tanto en la época seca como la lluviosa.

Las menores absorciones de los macronutrientes por los tallos estuvieron relacionadas con las menores concentraciones de los mismos. Es así que el Xaraés tuvo la menor concentración de N ( $0,78 \% \pm 0,02 \%$ ) y S ( $0,11 \% \pm 0,003 \%$ ); el Decumbens, Marandú y Mulato II, la menor de Ca ( $1,39 \% \pm 0,02 \%$ ); el Piatá y Xaraés, la menor de Mg ( $0,28 \% \pm 0,01 \%$ ); el Decumbens, Mulato II y el Piatá, la menor de P ( $0,25 \% \pm 0,01 \%$ ) (Tabla 2).

Sin embargo, no hubo un genotipo común que tuviera la menor concentración de los macronutrientes en los tallos durante la época lluviosa.

Cevallos (2015) encontró diferencias en la concentración de macronutrientes de las hojas de los genotipos durante la época seca, al igual que en la lluviosa. Sin embargo, durante la época lluviosa el P, K, Ca, Mg y S tuvieron la mayor concentración que en la época seca; mientras que el N tuvo menor concentración en la época lluviosa.

### **Absorción por las hojas**

Las hojas tuvieron la misma producción de materia seca durante la época seca. El Xaraés absorbió la menor cantidad de K ( $106,6 \text{ kg ha}^{-1} \pm 5,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ), N ( $36,3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y S ( $5,2 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El Decumbens y Marandú absorbieron la menor cantidad de Ca ( $70,9 \text{ kg ha}^{-1} \pm 6,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Piatá y Xaraés, de Mg ( $14,3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Decumbens, Marandú, Piatá y Xaraés, de P ( $14,4 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Tabla 1. Promedios  $\pm$  error estándar ( $n = 4$ ) de la absorción de macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y producción de materia seca de forraje ( $\text{t ha}^{-1}$ ) por los genotipos de *Brachiaria* durante la época lluviosa de 2015 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador. Promedios con letras distintas indican diferencias en cada elemento con LSD corregida con Bonferroni  $P < 0,05$

Genotipos <sup>a</sup>	Potasio	Nitrógeno	Calcio	Magnesio	Fósforo	Azufre	Materia seca
				Tallos			
Decumbens	198,8 $\pm$ 13,1 a	65,1 $\pm$ 6,8 a	82,5 $\pm$ 6,9 bc	23,8 $\pm$ 2 a	14 $\pm$ 1,2 ab	9,4 $\pm$ 1,1 a	5,9 $\pm$ 0,4 a
Marandú	186 $\pm$ 10 a	60,8 $\pm$ 6,8 a	59,4 $\pm$ 2,5 c	21 $\pm$ 2 ab	16,2 $\pm$ 1,2 ab	10,1 $\pm$ 1,1 a	4,5 $\pm$ 0,4 a
Mulato II	180,4 $\pm$ 8,8 a	80,6 $\pm$ 6,8 a	83,6 $\pm$ 2,5 b	25,2 $\pm$ 0,4 a	16,3 $\pm$ 0,6 a	12,7 $\pm$ 0,3 a	5,8 $\pm$ 0,2 a
Piatá	242,3 $\pm$ 29,4 a	63,2 $\pm$ 1,9 a	125,5 $\pm$ 6,9 a	16,1 $\pm$ 1 bc	13,4 $\pm$ 0,6 b	11,7 $\pm$ 1,1 a	5,7 $\pm$ 0,4 a
Xaraés	169,4 $\pm$ 6,8 a	36,3 $\pm$ 1,7 b	97,1 $\pm$ 6,9 ab	12,5 $\pm$ 1 c	14 $\pm$ 1,2 ab	5,2 $\pm$ 0,3 b	4,7 $\pm$ 0,2 a
Promedio	195,4 $\pm$ 7,9	60,8 $\pm$ 4	89,6 $\pm$ 5,4	19,7 $\pm$ 1,2	14,8 $\pm$ 0,5	9,8 $\pm$ 0,7	5,3 $\pm$ 0,2
<i>P</i> valor	0,1019	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0259	< 0,0001	0,0012
				Hojas			
Decumbens	166,5 $\pm$ 10,9 ab	108,7 $\pm$ 7,3 a	101,3 $\pm$ 6,1 bc	26,6 $\pm$ 1,6 a	12,2 $\pm$ 0,7 b	9 $\pm$ 0,6 b	6,3 $\pm$ 0,3 a
Marandú	188,9 $\pm$ 10,9 a	140,2 $\pm$ 7,3 a	91,6 $\pm$ 6,1 c	30,8 $\pm$ 1,6 a	15,5 $\pm$ 0,7 a	10,6 $\pm$ 0,7 ab	6,3 $\pm$ 0,3 a
Mulato II	149,6 $\pm$ 02,3 b	122,3 $\pm$ 7,3 a	84,1 $\pm$ 0,7 c	29,1 $\pm$ 0,5 a	13,7 $\pm$ 0,3 ab	10,3 $\pm$ 0,7 ab	6,5 $\pm$ 0,3 a
Piatá	190,2 $\pm$ 05,8 a	128,4 $\pm$ 7,3 a	139,7 $\pm$ 6,1 a	26,3 $\pm$ 1,6 a	13,2 $\pm$ 0,3 ab	12,7 $\pm$ 0,9 a	6,8 $\pm$ 0,3 a
Xaraés	106,6 $\pm$ 05,8 c	65,8 $\pm$ 1,8 b	126 $\pm$ 6,1 ab	17,9 $\pm$ 1,6 b	9,3 $\pm$ 0,3 c	3,8 $\pm$ 0,2 c	5,8 $\pm$ 0,3 a
Promedio	160,3 $\pm$ 07,7	113 $\pm$ 6,4	108,5 $\pm$ 5,3	26,1 $\pm$ 1,2	12,8 $\pm$ 0,5	9,3 $\pm$ 0,7	6,3 $\pm$ 0,1
<i>P</i> valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,2996
				Total (hojas + tallos)			
Decumbens	365,3 $\pm$ 31,7 abc	173,9 $\pm$ 12,1 a	183,8 $\pm$ 10,3 bc	50,4 $\pm$ 2,9 ab	26,2 $\pm$ 1,9 ab	18,4 $\pm$ 1,6 a	12,1 $\pm$ 0,9 ab
Marandú	374,9 $\pm$ 21,9 ab	200,9 $\pm$ 12,1 a	151 $\pm$ 10,3 c	51,8 $\pm$ 2,9 ab	31,7 $\pm$ 1,9 a	20,7 $\pm$ 1,6 a	10,8 $\pm$ 0,9 ab
Mulato II	329,9 $\pm$ 3,1 bc	202,8 $\pm$ 12,1 a	167,7 $\pm$ 3,1 c	54,3 $\pm$ 0,9 a	30 $\pm$ 0,7 a	23 $\pm$ 0,5 a	12,3 $\pm$ 0,4 ab
Piatá	432,4 $\pm$ 19,9 a	189,5 $\pm$ 12,1 a	265,3 $\pm$ 10,3 a	42,4 $\pm$ 2,9 bc	26,6 $\pm$ 0,7 a	24,3 $\pm$ 1,6 a	12,5 $\pm$ 0,4 a
Xaraés	276 $\pm$ 9,8 c	102,1 $\pm$ 3,2 b	223,1 $\pm$ 10,3 ab	30,4 $\pm$ 2,9 c	23,3 $\pm$ 0,7 b	8,9 $\pm$ 0,5 b	10,5 $\pm$ 0,4 b
Promedio	355,7 $\pm$ 14,3	173,8 $\pm$ 9,6	198,1 $\pm$ 10,1	45,9 $\pm$ 2,2	27,6 $\pm$ 0,9	19,1 $\pm$ 1,4	11,6 $\pm$ 0,3
<i>P</i> valor	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0001	< 0,0001	0,0254



Según Cevallos (2015) el Marandú y Xaraés fueron los genotipos que produjeron mayor cantidad de materia seca durante la época seca. De aquellos, el Marandú absorbió la menor cantidad de K y Ca; el Xaraés, la menor cantidad de S; y ambos absorbieron iguales cantidades de N, Mg y P. Durante la época seca el K, Ca y S tuvieron absorciones que dependieron del genotipo. En cuanto a la cantidad absorbida de macronutrientes durante la época seca los genotipos absorbieron en promedio iguales cantidades que en la época lluviosa, porque la producción de materia seca de hojas fue de  $7 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,5 \text{ t ha}^{-1}$  durante la época seca y de  $6,3 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,1 \text{ t ha}^{-1}$  en la lluviosa.

La absorción de macronutrientes por las hojas de los genotipos se relacionó en algunos casos con su concentración en las hojas. El Xaraés tuvo la menor concentración de K ( $1,83 \% \pm 0,06 \%$ ), N ( $1,14 \% \pm 0,02 \%$ ), Mg ( $0,31 \% \pm 0,02 \%$ ), P ( $0,16 \% \pm 0,004 \%$ ) y S ( $0,07 \% \pm 0,003 \%$ ); el Marandú y el Mulato II, las menores concentraciones de Ca ( $1,37 \% \pm 0,04 \%$ ) (Tabla 2).

El Xaraés fue el genotipo que durante la época lluviosa tuvo menor absorción y concentración en las hojas de N, P, K, Mg y S, excepto el Ca. El Xaraés absorbió menor cantidad de S durante la época lluviosa.

Cevallos (2015) reporta que la concentración de macronutrientes en la época seca dependió de los genotipos al igual que en la época lluviosa; no obstante, la concentración de N, K, Ca y Mg durante la época lluviosa fue mayor que en la seca, mientras que la concentración de P y S fueron iguales en ambas épocas.

### **Absorción total**

Los genotipos Decumbens, Marandú, Mulato II Piatá tuvieron la mayor producción total (tallos más hojas) de materia seca. De aquellos, el que menos K ( $347,6 \text{ kg ha}^{-1} \pm 16,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) absorbió fue el Decumbens y Mulato II, los genotipos nombrados absorbieron la mayor cantidad de N ( $191,8 \text{ kg ha}^{-1} \pm 6,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y S ( $21,6 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Decumbens, Marandú y Mulato II absorbió la menor cantidad de Ca ( $167,47 \text{ } 6,81$ ); el Piatá absorbió la menor de Mg ( $42,4 \pm 2,9$ ); el Decumbens, la menor de P ( $26,2 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Los genotipos Decumbens, Marandú, Mulato II y Piatá tuvieron la mayor producción total (tallos más hojas) de materia seca durante la época seca. De aquellos, el Decum-

bens y Mulato II absorbieron la menor cantidad de K ( $347,6 \text{ kg ha}^{-1} \pm 16,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ), N ( $191,8 \text{ kg ha}^{-1} \pm 6,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y S ( $21,6 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Decumbens, Marandú y Mulato II absorbió la menor cantidad de Ca ( $167,47 \text{ kg ha}^{-1} \pm 6,81 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Piatá absorbió la menor de Mg ( $42,4 \text{ kg ha}^{-1} \pm 2,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ); el Decumbens, la menor de P ( $26,2 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Se observa que el Xaraés está entre los genotipos que produjeron menos materia seca total; por tanto, absorbió menor cantidad de nutrientes durante la época seca (Tabla 1).

De acuerdo a Cevallos (2015) el Marandú y Xaraés tienen la mayor producción de materia seca total durante la época seca. De aquellos, el Xaraés absorbe la menor cantidad de S y ambos genotipos absorben iguales cantidades de N, P, K, Ca y Mg. Durante la época lluviosa hubo más absorción de macronutrientes debido a la mayor producción de materia seca total ( $11,6 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,3 \text{ t ha}^{-1}$ ) que en la seca ( $8 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,5 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Se observa que durante las épocas seca y lluviosa varía la producción y absorción de macronutrientes de los genotipos. En la época seca los genotipos más eficientes para producir materia seca total con la menor cantidad de macronutrientes son el Marandú y Xaraés (Cevallos, 2015); mientras que en la época lluviosa, sería el Decumbens y el Mulato II.

La absorción total de macronutrientes estuvo relacionada con la concentración de los mismos en ciertos casos. El Mulato II y Xaraés tuvieron la menor concentración K ( $2,66 \% \pm 0,03 \%$ ), el Piatá y Decumbens, de N ( $1,48 \pm 0,03 \%$ ); el Marandú y Mulato II, de Ca ( $1,38 \% \pm 0,02 \%$ ); el Xaraés y Piatá, de Mg ( $0,32 \% \pm 0,01 \%$ ); el Xaraés, Piatá y Decumbens, de P ( $0,22 \% \pm 0,003 \%$ ) y el Xaraés, de S ( $0,11 \% \pm 0,003 \%$ ) (Tabla 2).

El Xaraés fue el genotipo que tuvo la menor concentración total de macronutrientes durante la época lluviosa de P, K, Mg y S, excepto N y Ca.

De acuerdo con Cevallos (2015), hay diferencias en la concentración total de macronutrientes en los genotipos durante la época seca. Con respecto a la época lluviosa el P, K y S tuvo mayor concentración que en la época seca; mientras que el N, Ca y Mg fue menor en la época lluviosa.

Durante la época lluviosa la absorción total de macronutrientes en promedio por los genotipos de *Brachiaria* fue en el siguiente orden decreciente: K, N, Ca, Mg, P y S. EL N y Ca fueron iguales (Tabla 1). Según Cevallos (2015) en la época seca los mismos genotipos absorbieron en el mismo orden; sin embargo, el K, N y Ca fueron iguales. Durante la época lluviosa se observó que más macronutrientes fueron absorbidos en diferente cantidad que en la época lluviosa.

Los genotipos tuvieron el mismo orden de concentración que el de absorción (Tabla 2). Cevallos (2015) reportó que durante la época seca el Ca, N y K tuvieron las mayores concentraciones en el forraje, seguidos del Mg, P y S, los dos últimos con igual concentración.

Según Bernal y Espinosa (2003) la concentración adecuada de K en la materia seca de las gramíneas está entre 1,96 % y 3,08 %; el N, entre 2,9 % y 4 %; el Ca entre 0,24 % y 0,77 %; el Mg, entre 0,26 % y 0,42 %; el P, entre 0,21 % y 0,44 % y el S, para las plantas en general entre 0,25 % y 0,54%. En la presente investigación se encontró que los genotipos tuvieron la concentración total media de macronutrientes (Tabla 2) en el rango de adecuado para el K (3,06 %  $\pm$  0,09 %), Mg (0,39 %  $\pm$  0,02 %) y P (0,24 %  $\pm$  0,007 %); en el rango de deficiente, N (1,49 %  $\pm$  0,07 %) y S (0,16 %  $\pm$  0,01 %) y en el rango de exceso, el Ca (1,71 %  $\pm$  0,08 %). Los rangos reportados por Bernal y Espinosa (2003) son generales para las gramíneas y no para el género *Brachiaria*.

### 3.2. Micronutrientes

En el periodo lluvioso (enero a junio) de 2014 los genotipos de *Brachiaria*: Decumbens, Marandú, Mulato II, Piatá y Xaraés absorbieron diferentes ( $P < 0,05$ ) cantidades de los micronutrientes B, Fe, Zn y Mn en los tallos, hojas y total (hojas más tallos). El Cu fue absorbido en la misma ( $P \geq 0,05$ ) cantidad por los tallos, hojas y total de los genotipos (Tabla 3).

#### Absorción por los tallos

La materia seca producida por los tallos en la época lluviosa fue igual para los genotipos. El B (86,6 g ha<sup>-1</sup>  $\pm$  5 g ha<sup>-1</sup>) fue el menos absorbido en los tallos por el Marandú y Xaraés; el Mn (304,14 g ha<sup>-1</sup>  $\pm$  15,73 g ha<sup>-1</sup>) por el Marandú, Piatá y Xaraés. Los tallos



de los genotipos absorbieron las mismas cantidades de Cu ( $44,8 \text{ g ha}^{-1} \pm 2 \text{ g ha}^{-1}$ ), Fe ( $609,9 \text{ g ha}^{-1} \pm 27,6 \text{ g ha}^{-1}$ ) y Zn ( $474,6 \text{ g ha}^{-1} \pm 21,9 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 3).

Se aprecia que el Xaraés es el genotipo que menos micronutrientes necesitaría para producir materia seca de los tallos durante la época lluviosa.

Cevallos (2015), encontró que el Marandú, Xaraés, Mulato II y Piatá produjeron la menor cantidad de tallos durante la época seca. Todos aquellos absorbieron las menores cantidades de Mn, Zn, B y Cu; mientras que el Mulato II y Piatá absorbieron la menor cantidad de Fe. Durante la época seca los genotipos absorbieron en promedio menor cantidad de micronutrientes en los tallos que en la época lluviosa, debido a la mayor producción de materia seca en la época lluviosa.

La menor absorción de micronutrientes por los tallos de los genotipos se relacionó con su concentración. Al igual que en la absorción, el Marandú, Mulato II, Piatá y Xaraés tuvieron la menor concentración de B ( $19,77 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,66 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Decumbens, Mulato II y Piatá, la menor de Fe ( $107,38 \text{ mg kg}^{-1} \pm 4,85 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Marandú, Piatá y Xaraés, la menor de Mn ( $61,83 \text{ mg kg}^{-1} \pm 2,88 \text{ mg kg}^{-1}$ ); El Cu ( $8,43 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,16 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y Zn ( $88,88 \text{ mg kg}^{-1} \pm 1,19 \text{ mg kg}^{-1}$ ) tuvieron la misma concentración de micronutrientes en los tallos (Tabla 4).

Cevallos (2015), reporta que hubo diferencias en la concentración de micronutrientes en los tallos durante la época seca. El Cu, B y Fe de los tallos en la época seca tuvieron mayor concentración que en la época lluviosa; el Zn y Mn, tuvieron igual concentración en ambas épocas.

### **Absorción por las hojas**

La producción de las hojas por los genotipos durante la época lluviosa de 2014 fue igual. Las hojas del Xaraés y Mulato II absorbieron la menor cantidad de B ( $97,8 \text{ g ha}^{-1} \pm 8,1 \text{ g ha}^{-1}$ ); el Decumbens, Piatá y Xaraés, la menor cantidad de Fe ( $594,7 \text{ g ha}^{-1} \pm 37,1 \text{ g ha}^{-1}$ ) y el Xaraés, la menor cantidad de Zn ( $392,7 \text{ g ha}^{-1} \pm 10 \text{ g ha}^{-1}$ ) y Mn ( $313,5 \text{ g ha}^{-1} \pm 26,1 \text{ g ha}^{-1}$ ). Los genotipos absorbieron la misma cantidad de Cu ( $58,4 \text{ g ha}^{-1} \pm 1,5 \text{ g ha}^{-1}$ ) en las hojas (Tabla 3).

Cevallos (2015), informa que el Marandú y Xaraés son los genotipos que más materia seca producen en la época seca; de aquellos, el Xaraés absorbe la menor cantidad de Cu y Mn; mientras que el Marandú, absorbe la mayor cantidad de B y Fe, ambos fenotipos absorben igual cantidad de Zn. Los genotipos absorbieron mayor cantidad de Cu, B, Fe y Zn en las hojas durante la época seca que en la lluviosa; el Mn fue absorbido en igual cantidad en ambas épocas. Este comportamiento sucedió porque hubo mayor concentración de micronutrientes en las hojas durante la época seca.

Los genotipos de *Brachiaria* absorbieron el total de los micronutrientes en el siguiente orden decreciente: Fe, Mn, B, Zn y Cu (Tabla 3). Cevallos (2015) reportó que el Fe fue el más absorbido, el Zn, Mn y B se absorbieron por igual y el Cu se absorbió en menor cantidad. En la época lluviosa hubo mayor diferenciación en la absorción de micronutrientes.

La menor absorción y concentración de micronutrientes en las hojas estuvieron relacionadas de cierta forma. Así, el Mulato II y Xaraés tuvieron la menor concentración de B ( $17,31 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,96 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Piatá, la menor de Fe ( $106 \text{ mg kg}^{-1} \pm 2,17 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Xaraés, la menor de Zn ( $26,13 \pm 0,66$ ); el Piatá y Xaraés, la menor de Mn ( $49,13 \text{ mg kg}^{-1} \pm 2,13 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Cu ( $9,25 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,17 \text{ mg kg}^{-1}$ ) tuvo la misma concentración en los genotipos (Tabla 4).

Tabla 3. Medias  $\pm$  error estándar ( $n = 4$ ) de absorción de micronutrientes ( $\text{g ha}^{-1}$ ) de los genotipos de *Brachiaria* durante la época lluviosa de 2014 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador. Promedios con letras distintas indican diferencias en cada elemento con LSD corregida con Bonferroni  $P < 0,05$

Genotipos	Cobre	Boro	Hierro	Zinc	Manganeso	Materia seca
Tallos						
Decumbens	48,8 $\pm$ 5,6 a	146,1 $\pm$ 10,7 a	686,9 $\pm$ 82,4 a	547,4 $\pm$ 49,1 a	496,6 $\pm$ 35,7 a	5,9 $\pm$ 0,4 a
Marandú	37,9 $\pm$ 5,6 a	94 $\pm$ 10,7 bc	586,9 $\pm$ 82,4 a	398,6 $\pm$ 49,1 a	290,4 $\pm$ 35,7 b	4,5 $\pm$ 0,4 a
Mulato II	48,8 $\pm$ 2,6 a	116,5 $\pm$ 10,7 ab	678,4 $\pm$ 32,8 a	542,6 $\pm$ 14,8 a	512,4 $\pm$ 12,3 a	5,8 $\pm$ 0,2 a
Piatá	48,3 $\pm$ 2,6 a	120,7 $\pm$ 10,7 ab	507,3 $\pm$ 32,8 a	491,5 $\pm$ 49,1 a	308,6 $\pm$ 35,7 b	5,7 $\pm$ 0,4 a
Xaraés	40,3 $\pm$ 2,6 a	79,2 $\pm$ 2,5 c	589,9 $\pm$ 32,8 a	392,7 $\pm$ 14,8 a	313,5 $\pm$ 35,7 b	4,7 $\pm$ 0,2 a
Promedio	44,8 $\pm$ 2	111,3 $\pm$ 6,5	609,9 $\pm$ 27,6	474,6 $\pm$ 21,9	384,2 $\pm$ 26	5,3 $\pm$ 0,2
<i>P</i> valor	0,1069	< 0,0001	0,027	0,0001	< 0,0001	0,0012
Hojas						
Decumbens	55 $\pm$ 3,5 a	135,1 $\pm$ 7,5 ab	966,1 $\pm$ 86,4 ab	223,2 $\pm$ 20,1 ab	374,4 $\pm$ 23 a	6,4 $\pm$ 0,3 a
Marandú	62,9 $\pm$ 3,5 a	135,3 $\pm$ 7,5 ab	1316,7 $\pm$ 116,1 a	294,5 $\pm$ 20,1 a	411,8 $\pm$ 23 a	6,3 $\pm$ 0,3 a
Mulato II	56,7 $\pm$ 2 a	98,8 $\pm$ 7,5 c	995,8 $\pm$ 56,0 a	228,8 $\pm$ 7,4 ab	387,9 $\pm$ 23 a	6,5 $\pm$ 0,3 a
Piatá	61,5 $\pm$ 3,5 a	149,7 $\pm$ 7,5 a	714,4 $\pm$ 4,5 b	217,7 $\pm$ 7,4 b	371 $\pm$ 23 a	6,8 $\pm$ 0,3 a
Xaraés	56 $\pm$ 3,5 a	112,4 $\pm$ 7,5 bc	888,1 $\pm$ 80,3 ab	151,4 $\pm$ 7,4 c	250,4 $\pm$ 23 b	5,8 $\pm$ 0,3 a
Promedio	58,4 $\pm$ 1,5	126,3 $\pm$ 5,1	976,2 $\pm$ 54,7	223,1 $\pm$ 11,8	359,3 $\pm$ 15,8	6,3 $\pm$ 0,1
<i>P</i> valor	0,3762	0,0017	< 0,0001	< 0,0001	0,0016	0,2996
Total (tallos más hojas)						
Decumbens	103,8 $\pm$ 11,3 a	281,2 $\pm$ 19,1 a	1653 $\pm$ 137,6 ab	770,6 $\pm$ 64,5 a	871 $\pm$ 62,6 a	12,1 $\pm$ 0,9 ab
Marandú	100,8 $\pm$ 5,3 a	229,3 $\pm$ 19,1 ab	1903,6 $\pm$ 137,6 a	693,1 $\pm$ 64,5 ab	702,1 $\pm$ 62,6 ab	10,8 $\pm$ 0,9 ab
Mulato II	105,5 $\pm$ 5,3 a	215,3 $\pm$ 10,5 b	1674,2 $\pm$ 137,6 ab	771,4 $\pm$ 19,2 a	900 $\pm$ 26,9 a	12,3 $\pm$ 0,4 ab
Piatá	109,8 $\pm$ 1,9 a	270,4 $\pm$ 10,5 a	1221,7 $\pm$ 24,9 b	709,1 $\pm$ 64,5 ab	680,6 $\pm$ 62,6 ab	12,5 $\pm$ 0,4 a
Xaraés	96,3 $\pm$ 5,3 a	191,5 $\pm$ 10,5 b	1478 $\pm$ 137,6 ab	544,1 $\pm$ 19,2 b	563,9 $\pm$ 26,9 b	10,5 $\pm$ 0,4 b
Promedio	103,3 $\pm$ 2,8	237,5 $\pm$ 9,7	1586,1 $\pm$ 71,6	173,8 $\pm$ 9,6	743,5 $\pm$ 35,3	11,6 $\pm$ 0,3
<i>P</i> valor	0,1584	0,0005	0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0254

Tabla 4. Medias  $\pm$  error estándar ( $n = 4$ ) de la concentración de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de los genotipos de *Brachiaria* durante la época lluviosa de 2015 (enero a junio) en Santo Domingo, Ecuador. Promedios con letras distintas indican diferencias en cada elemento con LSD corregida con Bonferroni  $P < 0,05$

Genotipos	Cobre	Boro	Hierro	Zinc	Manganeso
			Tallos		
Decumbens	8,3 $\pm$ 0,4 a	25 $\pm$ 0,4 a	116,4 $\pm$ 8,4 ab	93,1 $\pm$ 2,1 a	84,8 $\pm$ 0,6 a
Marandú	8,4 $\pm$ 0,4 a	20,9 $\pm$ 0,4 b	130,5 $\pm$ 8,4 a	88,1 $\pm$ 2,1 a	64,4 $\pm$ 4 b
Mulato II	8,4 $\pm$ 0,4 a	20,1 $\pm$ 1,3 b	116,4 $\pm$ 8,4 ab	93,1 $\pm$ 2,1 a	88 $\pm$ 4 a
Piatá	8,5 $\pm$ 0,4 a	21,1 $\pm$ 1,3 ab	89,4 $\pm$ 2,8 b	85,9 $\pm$ 2,1 a	54 $\pm$ 4 b
Xaraés	8,6 $\pm$ 0,4 a	17 $\pm$ 1,3 b	126,3 $\pm$ 8,4 a	84,1 $\pm$ 2,1 a	67,1 $\pm$ 4 b
Promedio	8,4 $\pm$ 0,2	20,8 $\pm$ 0,7	115,8 $\pm$ 4,5	88,9 $\pm$ 1,2	71,7 $\pm$ 3,3
<i>P</i> valor	0,9655	< 0,0001	0,0002	0,0231	< 0,0001
			Hojas		
Decumbens	8,8 $\pm$ 0,2 a	21,6 $\pm$ 0,6 ab	153,6 $\pm$ 8,4 b	35,6 $\pm$ 0,7 b	59,9 $\pm$ 1,1 a
Marandú	10 $\pm$ 0,5 a	21,4 $\pm$ 0,6 ab	207,3 $\pm$ 8,4 a	46,4 $\pm$ 1,5 a	65 $\pm$ 3,5 a
Mulato II	8,8 $\pm$ 0,2 a	15,3 $\pm$ 1,1 c	153,6 $\pm$ 8,4 b	35,4 $\pm$ 0,7 b	59,9 $\pm$ 1,1 a
Piatá	9,1 $\pm$ 0,3 a	22,2 $\pm$ 0,5 a	106 $\pm$ 2,2 c	32,3 $\pm$ 1,5 b	55,1 $\pm$ 3,5 ab
Xaraés	9,6 $\pm$ 0,4 a	19,3 $\pm$ 0,7 bc	152,8 $\pm$ 8,4 b	26,1 $\pm$ 0,7 c	43,1 $\pm$ 1,1 b
Promedio	9,3 $\pm$ 0,2	20 $\pm$ 0,6	154,7 $\pm$ 8	35,1 $\pm$ 1,6	56,6 $\pm$ 2
<i>P</i> valor	0,0865	0,0003	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
			Total (media ponderada de tallos + hojas)		
Decumbens	8,5 $\pm$ 0,2 a	23,2 $\pm$ 0,2 a	135,8 $\pm$ 5,8 b	63,3 $\pm$ 1,9 a	71,9 $\pm$ 0,6 a
Marandú	9,3 $\pm$ 0,2 a	21,2 $\pm$ 0,2 bc	175,1 $\pm$ 5,8 a	63,7 $\pm$ 1,9 a	64,8 $\pm$ 3,3 ab
Mulato II	8,6 $\pm$ 0,2 a	17,6 $\pm$ 1,2 c	136 $\pm$ 5,8 b	62,7 $\pm$ 0,8 a	73,2 $\pm$ 0,6 a
Piatá	8,9 $\pm$ 0,2 a	21,7 $\pm$ 0,4 b	98,4 $\pm$ 2,2 c	56,8 $\pm$ 1,9 ab	54,6 $\pm$ 3,3 b
Xaraés	9,2 $\pm$ 0,2 a	18,3 $\pm$ 0,4 c	141,1 $\pm$ 5,8 b	52 $\pm$ 0,8 b	53,9 $\pm$ 3,3 b
Promedio	8,9 $\pm$ 0,1	20,4 $\pm$ 0,5	137,2 $\pm$ 6	59,7 $\pm$ 1,2	63,7 $\pm$ 2,1
<i>P</i> valor	0,1133	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Según Cevallos (2015), las hojas tuvieron mayor concentración de Cu, B, Fe y Zn durante la época seca que en la lluviosa, únicamente el Mn tuvo la mayor concentración en la época lluviosa.

### **Absorción total**

Los genotipos Decumbens, Marandú, Mulato II y Piatá tuvieron la mayor producción total (tallos más hojas) de materia seca y de ellos la menor absorción de B ( $222,3 \text{ g ha}^{-1} \pm 8,9 \text{ g ha}^{-1}$ ) tuvo el Marandú y Mulato II; la menor de Fe ( $1516,3 \text{ g ha}^{-1} \pm 87,8 \text{ g ha}^{-1}$ ), el Decumbens, Mulato II y Piatá; la menor de Zn ( $750,4 \text{ g ha}^{-1} \pm 29,9 \text{ g ha}^{-1}$ ) y Mn ( $817,2 \text{ g ha}^{-1} \pm 40 \text{ g ha}^{-1}$ ), el Marandú y Piatá. Los genotipos absorbieron la misma cantidad de Cu ( $103,3 \text{ g ha}^{-1} \pm 2,8 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 2).

Cevallos (2015), indica que el Marandú y Xaraés produjeron la mayor cantidad de materia seca total durante la época seca. De aquellos, el Marandú absorbió la menor cantidad de B y Fe; mientras que el Xaraés absorbió la menor cantidad de Mn.

La absorción total de micronutrientes en los genotipos estuvo relacionada en algunos casos con la concentración. Es así que el Marandú y Mulato II tuvieron la menor concentración total de B ( $19,37 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,87 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Piatá, la menor de Fe ( $98,38 \text{ mg kg}^{-1} \pm 2,22 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Piatá, la menor de Zn ( $56,79 \text{ mg kg}^{-1} \pm 1,89 \text{ mg kg}^{-1}$ ); el Piatá y Marandú, la menor de Mn ( $59,68 \text{ mg kg}^{-1} \pm 3,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Los genotipos tuvieron la misma concentración total de Cu ( $8,89 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,12 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Los micronutrientes fueron absorbidos en el siguiente orden decreciente: Fe, Mn, Zn, B y Cu. El Mn y Zn fueron iguales. Cevallos (2015) reportó el mismo orden de absorción; no obstante, el Mn, Zn y B fueron iguales. En la época lluviosa hubo más diferencias en la absorción de micronutrientes que en la seca.

Los genotipos tuvieron una concentración media de micronutrientes en el mismo orden que la absorción (Tabla 4). El orden es igual al reportado por Cevallos (2015) durante la época seca. Se observa que la concentración media de micronutrientes no cambiaría debido a las épocas del año.

De acuerdo con Bernal y Espinosa (2003) la materia seca del forraje tiene los siguientes rangos adecuados de micronutrientes: Cu, entre 10 mg kg<sup>-1</sup> y 31 mg kg<sup>-1</sup>; B, entre 10 mg kg<sup>-1</sup> y 30 mg kg<sup>-1</sup>; Fe, entre 70 mg kg<sup>-1</sup> y 360 mg kg<sup>-1</sup>; Zn, entre 26 mg kg<sup>-1</sup> y 70 mg kg<sup>-1</sup> y Mn, entre 48 mg kg<sup>-1</sup> y 290 mg kg<sup>-1</sup>. Los resultados de la presente investigación indicaron que los genotipos tuvieron una concentración media de micronutrientes en la planta (Tabla 4) en el rango de adecuado para el B (20,39 mg kg<sup>-1</sup> ± 0,54 mg kg<sup>-1</sup>); Fe (137,24 mg kg<sup>-1</sup> ± 5,97 mg kg<sup>-1</sup>), Zn (59,71 mg kg<sup>-1</sup> ± 1,22 mg kg<sup>-1</sup>) y Mn (63,67 mg kg<sup>-1</sup> ± 2,14 mg kg<sup>-1</sup>) y el Cu (8,89 mg kg<sup>-1</sup> ± 0,12 mg kg<sup>-1</sup>) fue deficiente. Se considera que estos rangos reportados en la literatura son referenciales para las gramíneas, no para los genotipos de *Brachiaria*.

Se ve la necesidad de investigar los rangos adecuados de macronutrientes y micronutrientes en los genotipos de *Brachiaria*.

#### IV. CONCLUSIONES

En la época lluviosa el Decumbens y Mulato II fueron los genotipos de *Brachiaria* más eficientes para producir materia seca de forraje con la menor cantidad de macronutrientes absorbidos. Con respecto a los micronutrientes, el Marandú sería el más eficiente.

La absorción media total de los macronutrientes por los genotipos de *Brachiaria*: Mulato II, Piatá, Decumbens, Xaraés y Marandú fue en el siguiente orden decreciente: potasio, nitrógeno y calcio, magnesio, fósforo y azufre. El nitrógeno y calcio fueron iguales. La concentración media de macronutrientes tuvo el mismo orden que la absorción.

La absorción y concentración de micronutrientes fue en el siguiente orden decreciente: hierro, zinc, manganeso, boro y cobre. El manganeso y zinc fueron iguales.

Es necesario determinar los rangos foliares adecuados de los nutrientes en los genotipos de *Brachiaria*, información útil para evaluar el estado nutricional de la planta.

## REFERENCIAS

- Bernal, J., y J. Espinosa. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. INPO-FOS, Quito.
- Bernardi J., N. (2015). *Formulação e fabricação de ração para ovinos na fazenda*. CPT Editora: Viçosa, Brasil.
- Bertsch, H., F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos*. 1ª. ed. Colorgraf S.A., Costa Rica.
- Bertsch, F. (1998). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. 1ª. ed. ACCS, San José, Costa Rica.
- Calvache U., M. (2008). Fertilización en palma de aceite. In *Seminario Internacional: Manejo y nutrición de palma aceitera*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador. p. 1-11.
- Cevallos, V. (2015). *Exportación de nutrientes de genotipos de Brachiaria durante la época seca en el trópico húmedo*. (Tesis inédita de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, Y. C. (2011). *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado el 12 de enero de 2016, de <http://www.infostat.com.ar>.
- ESPAC. (2014). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Consultado el 25 de octubre del 2015. [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2014/Resultados\\_2014/1.%20Indice\\_de\\_publicacion\\_ESPAC\\_2014.xlsx](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014/Resultados_2014/1.%20Indice_de_publicacion_ESPAC_2014.xlsx)
- Faithfull, N.T. (2002). *Methods in agricultural chemical analysis. A practical handbook*. United Kingdom: CABI Publishing.
- Giacomini, A., et. al. (2014). Production of Aruana guinea grass subjected to different cutting severities and nitrogen fertilization. *Tropical Grasslands* 2: 53-54.
- Jiménez S., H. (1980). *Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge*. CATIE: Turrialba, Costa Rica.
- McDonald, E., y Greenhald, E. (1999). *Nutrición animal*. 5ª. ed. ACRIBIA S.A.: España.
- Mengel, K., y E.A. Kirkby. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. 1ª. ed. EEA INTA Pergamino, Argentina.
- McKean, S. J. (1993). *Manual de análisis de suelos y tejidos vegetales. Una guía práctica y teórica de metodologías*. CIAT, Costa Rica.
- Quezada, G. (2014). *Dinámica productiva y nutrimental en variedades de Brachiaria en su segundo año de establecimiento*. (Tesis inédita de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.
- Román, D. (2013). *Asociación entre la absorción de nutrientes y la acumulación y distribución de biomasa en las hojas y tallos de cinco variedades del género brachiaria*. Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.



- The R Core Team. (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Consultado el 12 de enero de 2016. Recuperado de <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/fullrefman.pdf>
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical analysis*. 5th ed. Unites States of America: Prentice Hall.
- Zhuma, R. (2016). *Producción forrajera de genotipos establecidos de Brachiaria durante la época lluviosa en Santo Domingo*. Tesis de grado. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.