



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

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES DE GENOTIPOS DE *BRACHIARIA***  
**DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL TRÓPICO HÚMEDO**

**Autora**

VERÓNICA CAROLINA CEVALLOS LÓPEZ

**Director**

RODRIGO ALBERTO SAQUICELA ROJAS, *MSc.*

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

NOVIEMBRE – 2015

EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES DE GENOTIPOS DE *BRACHIARIA* DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL TRÓPICO HÚMEDO

Rodrigo Saquicela, *MSc.*

**DIRECTOR**

---

**APROBADO**

Miriam Natividad Recalde Quiroz, *MSc.*

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

---

Luis Wilfrido Gusqui Vilema, *MSc.*

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Enri Oswaldo Jaramillo Arciniega, *MSc.*

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo,.....de.....2015.

**Autora: VERÓNICA CAROLINA CEVALLOS LÓPEZ**

**Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Título: EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES DE GENOTIPOS  
DE *BRACHIARIA* DURANTE LA ÉPOCA SECA EN  
EL TRÓPICO HÚMEDO**

**Fecha: NOVIEMBRE, 2015**

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



---

Verónica Carolina Cevallos López

C.I. 1309434520

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

**INFORME DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Santo Domingo, ..... de .....de 2015

Ing. Miriam Recalde, *MSc.*

**COORDINADORA 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 la señorita: **VERÓNICA CAROLINA CEVALLOS LÓPEZ**, cuyo título es: “**EXPORTACIÓN DE NUTRIENTES DE GENOTIPOS DE BRACHIARIA DURANTE LA ÉPOCA SECA EN EL TRÓPICO HÚMEDO**”; 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,



---

Rodrigo Saquicela, *MSc.*

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

# *Dedicatoria*

*El verdadero signo de la inteligencia no es el conocimiento sino la imaginación.*

*Albert Einstein.*

*Este trabajo de investigación se lo dedicado a Dios por darme la vida, mi familia y la sabiduría que me han permitido cumplir uno de mis objetivos sin desfallecer y culminar una etapa más de mi vida profesional.*

*A mi familia por ser mi apoyo constante, en especial quiero dedicar mi trabajo de investigación a mi mamá Nelly López, por ser mi ejemplo de mujer perseverante, amorosa quien con sus oraciones bendice cada día de mi vida, gracias madre por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. A mi padre José Cevallos, que a pesar de nuestra separación física, siento que en todo momento está a mi lado y está viviendo conmigo un éxito más de mi vida.*

# *Agradecimiento*

*La inteligencia sin imaginación no sirve de nada, la verdad sin publicarse tampoco.*

*Albert Einstein.*

*Agradecida con mi esposo Miguel Ángel Macay, por enseñarme que con “paciencia y buena letra” se pueden cumplir los objetivos. Gracias mi amor por ser mi fuente de inspiración profesional e intelectualmente, tú me impulsas a ser mejor persona cada día, a amar lo que hago y a respetar lo que siento. Tú eres parte de este logro mi amor y como me lo enseñaste, siempre hay luz al final del camino.*

*A mi hermana Jessica por su fe en mí, por darme su apoyo constante en todo momento, tú me diste la dicha de ser tía, gracias. A mi hermano Paul por ser mi incentivo para culminar mi carrera e inspírate que tú también lo puedes lograr.*

*Finalmente agradecida con el Ing. Rodrigo Saquicela quien con sus conocimientos, su experiencia y su motivación ha logrado que yo pueda terminar mis estudios con éxito.*

## 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
Índice de contenido.....	VII
Índice de tablas.....	VIII
Resumen.....	IX
Abstract.....	X
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

1	Promedios $\pm$ error estándar de la exportación de macronutrientes y producción de materia seca de forraje por los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador.....	15
2	Promedios $\pm$ error estándar de la concentración de macronutrientes de los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador.....	16
3	Promedios $\pm$ error estándar de la exportación de micronutrientes y producción de materia seca de forraje por los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador.....	25
4	Promedios $\pm$ error estándar de la concentración de micronutrientes de los genotipos de <i>Brachiaria</i> durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador.....	26



## RESUMEN

El manejo de la nutrición de los pastos depende de la cantidad de nutrientes que se deben reponer después del pastoreo. En esta investigación se estimó la concentración y exportación de nutrientes según la producción de forraje de genotipos de *Brachiaria*. Se analizó con un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la exportación y concentración de nutrientes de los genotipos de *Brachiaria*: Decumbens, Mulato II, Marandú, Piatá y Xaraés producido durante la época seca (julio a diciembre) de 2014 en un Andisol, Santo Domingo, Ecuador, sembrado en parcelas de 4 m por 4 m. Se utilizaron el análisis de varianza para el diseño indicado y la prueba de significación Tukey, ambos con  $\alpha = 0,05$ . Durante la época seca los genotipos más eficientes ( $P < 0,05$ ) en producción de materia seca de forraje total fueron el Xaraés y Marandú presentando un promedio  $\pm$  error estándar de  $9,1 \text{ t ha}^{-1} \pm 1 \text{ t ha}^{-1}$ . La exportación media de nutrientes de los genotipos en el forraje total durante la época seca ( $8 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) fue: nitrógeno,  $158,2 \text{ kg ha}^{-1} \pm 14,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ; fósforo,  $16,3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ; potasio,  $154,7 \text{ kg ha}^{-1} \pm 12,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ; calcio,  $174,3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 14 \text{ kg ha}^{-1}$ ; magnesio,  $40,1 \text{ kg ha}^{-1} \pm 2,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ; azufre,  $10,7 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1 \text{ kg ha}^{-1}$ ; cobre,  $88,9 \text{ g ha}^{-1} \pm 7,2 \text{ g ha}^{-1}$ ; boro,  $318,2 \text{ g ha}^{-1} \pm 58 \text{ g ha}^{-1}$ ; hierro,  $1695,2 \text{ g ha}^{-1} \pm 143 \text{ g ha}^{-1}$ ; zinc,  $457,3 \text{ g ha}^{-1} \pm 36,6 \text{ g ha}^{-1}$  y manganeso,  $396,7 \text{ g ha}^{-1} \pm 27,4 \text{ g ha}^{-1}$ . La concentración media de los nutrientes fue: calcio, nitrógeno y potasio con concentraciones iguales y mayores que el magnesio, este fue mayor a las concentraciones iguales de fósforo y azufre. En los micronutrientes el hierro tuvo la mayor concentración que el zinc y manganeso, que fueron iguales y mayores al boro, y este, al cobre. El Xaraés y Marandú fueron los más eficientes en el uso de los nutrientes para la producción de materia seca de forraje total durante la época seca.

**Palabras claves:** *Brachiaria*, exportación de nutrientes, macronutrientes, micronutrientes, concentración de nutrientes, producción forrajera.

## ABSTRACT

The nutritional management of pastures depends on the amount of nutrients must be replaced after grazing. In this research, concentration, export macronutrients and micronutrients according to production of dry matter forage five *Brachiaria* genotypes was estimated. It was analyzed with a design randomized complete block with four replications export and nutrient concentrations of *Brachiaria* genotypes: Decumbens, Mulato II, Marandú, Piata and Xaraés produced during the dry season (July to December) of 2014 in a Andisol, Santo Domingo, Ecuador, planted in plots of 4 m by 4 m. Analysis of variance and Tukey significance test, both with  $\alpha = 0.05$  for the design indicated were used. During the dry season the most efficient production genotypes in total forage dry matter were Marandú and Xaraés, presenting a mean  $\pm$  standard error of  $9.1 \text{ t ha}^{-1} \pm 1 \text{ t ha}^{-1}$ . The average export of nutrients of genotypes in the whole foraje during the dry season ( $8 \text{ t ha}^{-1} \pm 0.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) was: nitrogen,  $154.7 \text{ kg ha}^{-1} \pm 12.8 \text{ kg ha}^{-1}$ ; phosphorus,  $16.3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1.2 \text{ kg ha}^{-1}$ ; potassium,  $154.7 \text{ kg ha}^{-1} \pm 12.8 \text{ kg ha}^{-1}$ ; calcium,  $174.3 \text{ kg ha}^{-1} \pm 14 \text{ kg ha}^{-1}$ ; magnesium,  $40.1 \text{ kg ha}^{-1} \pm 2.9 \text{ kg ha}^{-1}$ ; sulfur,  $10.7 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1 \text{ kg ha}^{-1}$ ; copper,  $88.9 \text{ g ha}^{-1} \pm 7.2 \text{ g ha}^{-1}$ ; boron  $318.2 \text{ g ha}^{-1} \pm 58 \text{ g ha}^{-1}$ ; iron,  $1695.2 \text{ g ha}^{-1} \pm 143 \text{ g ha}^{-1}$ ; zinc,  $457.3 \text{ g ha}^{-1} \pm 36.6 \text{ g ha}^{-1}$  and manganese,  $396.7 \text{ g ha}^{-1} \pm 27.4 \text{ g ha}^{-1}$ . The average concentration of nutrients was: calcium, potassium and nitrogen concentrations equal and higher than the magnesium, this in turn was higher than the same concentrations of phosphorus and sulfur. The micronutrients iron had the highest concentration that zinc and manganese, which was equal and higher that boron, and this, to copper. The Xaraés and Marandú were the most efficient in the use of nutrients for the production of total dry matter forage during the dry season.

**Key words:** *Brachiaria*, uptake of nutrients, macronutrients, micronutrients, nutrient concentration, foraje production.

## I. INTRODUCCIÓN

El rendimiento de las pasturas en Ecuador se ven afectado por las condiciones agroclimáticas existentes, principalmente por la distribución anual de las lluvias, que conjuntamente con otros factores del ambiente y de manejo repercuten en su potencial productivo y nutritivo (Herrera, 1983).

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), en Ecuador el 18 % de la superficie agrícola (13 millones de hectáreas) se destinan a pastos cultivados. Entre los pastos cultivados, especialmente en el trópico del Ecuador, está el género *Brachiaria* que ocupa el 5,6 % de la superficie destinada a los pastos (2,5 millones de hectáreas) (ESPAC, 2014).

Como toda planta el pasto del género *Brachiaria* necesita de nutrientes para su desarrollo; además de su adaptación a condiciones adversas para su desarrollo. Dicho género se caracteriza por tener su sistema radicular profundo, permitiéndole tolerar las épocas de sequía; además, puede crecer y desarrollarse bien en suelos ácidos con baja disponibilidad de fósforo (P), esto se debe a la capacidad de este género para absorber el elemento del suelo, incluso en áreas de mínima disponibilidad del mismo. Esta habilidad está relacionada con la infección de las raíces por micorrizas. Las *Brachiaria* también son tolerantes a la toxicidad del hierro (Fe) y aluminio (Al), ya que tienen la capacidad de neutralizar estos elementos tóxicos en la inmediata vecindad de sus raíces. En el caso del sodio (Na), las *Brachiaria* están en el grupo de las natrofóbicas, es decir que toleran concentraciones muy bajas de este elemento (Bernal y Espinosa, 2003).

Una herramienta usada para estimar los requerimientos nutricionales de las plantas es la absorción de nutrientes. La absorción de nutrientes por las plantas es la extracción o consumo de nutrientes durante su ciclo de vida y una parte de dichos nutrientes es exportada, es decir, salen del suelo y nunca regresan. Los estudios de absorción y exportación sirven para afinar los programas de fertilización (Bertsch, 2005).

En cuanto a las *Brachiaria* se han realizado estudios de absorción y exportación de nutrientes. Según Román (2013) los genotipos de *Brachiaria* absorben en mayor cantidad el nitrógeno (N) y potasio (K). Durante la época lluviosa de Santo Domin-

go, Ecuador, el Decumbens, con una edad de pastoreo de 35 d en un estudio de absorción de nutrientes en varias edades de la planta, absorbió N en cantidades de 90,8 kg ha<sup>-1</sup>; el Marandú, 90,2 kg ha<sup>-1</sup>; el Mulato II, 107,4 kg ha<sup>-1</sup>; el Piatá, 96,7 kg ha<sup>-1</sup> y el Xaraés, 109 kg ha<sup>-1</sup>. Para el K y en el mismo orden de los genotipos las absorciones fueron las siguientes: 129,6 kg ha<sup>-1</sup>; 97,9 kg ha<sup>-1</sup>; 127,1 kg ha<sup>-1</sup>; 111,2 kg ha<sup>-1</sup>; 107,5 kg ha<sup>-1</sup>.

Jácome y Saquilanda (2008) evaluaron la fertilización química y orgánica-mineral en pasto *Brachiaria* Mulato I y Xaraés en Santo Domingo, Ecuador, donde reportaron concentraciones promedio de N en los genotipos de 2,51 % y 2,42 %, respectivamente, concluyendo que el Mulato I con compost obtuvo mayor concentración de N (2,75 %).

Investigaciones realizadas en Costa Rica sobre la exportación de nutrimentos en potreros establecidos con el genotipo *Brachiaria* cv. Xaraés durante un año, considerando la exportación de nutrientes extraída por 25,2 t ha<sup>-1</sup> de forraje fueron: K, 617,5 kg ha<sup>-1</sup>; N, 278,2 kg ha<sup>-1</sup>; calcio (Ca), 68,8 kg ha<sup>-1</sup>; P, 49,5 kg ha<sup>-1</sup>; magnesio (Mg), 65,3 kg ha<sup>-1</sup>; azufre (S), 25,7 kg ha<sup>-1</sup>; Fe, 2,97 kg ha<sup>-1</sup>; cobre (Cu), 0,19 kg ha<sup>-1</sup>; zinc (Zn), 0,84 kg ha<sup>-1</sup>; manganeso (Mn), 1,33 kg ha<sup>-1</sup> y boro (B), 0,11 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados demostraron que el elemento más exportado bajo las condiciones del norte de Costa Rica fue el K mayor que el N, Ca, Mg, P y S. Con respecto a los microelementos el más exportado fue el Fe, seguido del Mn, Zn, Cu y B (Salas y Cabalceta, 2009).

Se puede observar que hay investigaciones de absorción de nutrientes por las *Brachiaria*; sin embargo, no hay estudios de la exportación durante las épocas del año para las condiciones climáticas de Ecuador, especialmente en la época seca, cuando disminuye la producción forrajera. Un aspecto importante de conocer la cantidad exportada de nutrientes por los pastos, los mismos que son consumidos en forma de forraje por los rumiantes, es que permite obtener una herramienta práctica para el ganadero, ayudando a manejar de forma más eficiente la fertilización de la finca y la pronta recuperación de las pasturas degradadas. Por tanto, en esta investigación se estimó la concentración y exportación de macronutrientes, micronutrientes según la producción de materia seca de forraje de cinco genotipos de *Brachiaria*: Decumbens,

Mulato II, Muarandú, Piatá y Xaraés producido durante la época seca (julio a diciembre) de 2014.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio del estudio

El experimento se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. El clima en la región de estudio tuvo las épocas seca (julio a diciembre) y lluviosa (enero a junio). La zona de vida es el Bosque Húmedo Tropical (Jiménez, 1980). El suelo fue un Andisol de textura franca con las siguientes propiedades químicas (Olsen modificado): pH en agua, 5,7 (medianamente ácido); materia orgánica, 3,2 % (medio); calcio, 7 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (medio); magnesio, 1,2 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (bajo); potasio, 0,3 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (medio); suma de bases, 8,5 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (medio); nitrógeno, 30,2 mg kg<sup>-1</sup> (bajo); fósforo, 40,2 mg kg<sup>-1</sup> (alto); azufre, 8,8 mg kg<sup>-1</sup> (medio); hierro, 156 mg kg<sup>-1</sup> (alto); zinc, 3,9 mg kg<sup>-1</sup> (medio); manganeso, 7,5 mg kg<sup>-1</sup> (medio); cobre, 14,3 mg kg<sup>-1</sup> (alto) y boro, 1,2 mg kg<sup>-1</sup> (alto).

### Diseño experimental

Las muestras para este experimento se tomaron de una investigación anterior donde se evaluó el comportamiento agronómico de los genotipos de *Brachiaria*. Dicho experimento fue realizado en la época seca de 2014, de julio a diciembre (Santamaría, 2015). 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). Se tomaron las muestras de la primera y tercera cosecha del experimento anterior.

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 (Piatá), Xaraés (Xaraés) y Marandú (Marandú). Los tratamientos fueron ejecutados en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Zar, 2010).

### Condiciones del muestreo

Las muestras 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 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 d; para el Marandú, 54 d; el Xaraés, 55 d; el Piatá, 57 d y el Mulato II, 58 d. Únicamente el Mulato II tuvo dos cortes, el resto de genotipos tuvieron tres cortes en la época seca. No se aplicaron fertilizantes debido a que las condiciones químicas del suelo indicaron ser adecuadas (Santamaría, 2015).

### **Medición de variables**

Se calcularon la exportación total de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, B, Fe, Mn y Zn, definida como la suma de la exportación de nutrientes de las hojas y tallos. La exportación de nutrientes por las hojas y tallos se calculó multiplicando la producción de materia seca de las hojas producidas durante la época seca de 2014 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 tercera cosecha de los genotipos, se promedia-ron dichas concentraciones de nutrientes 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).

### **Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados con la prueba F del análisis de varianza; cuando hubo diferencias significativas se hizo la comparación de medias con la prueba de significación Tukey. Para comparar entre las medias de exportación y concentración de nutrientes se usó el intervalo de confianza. Todas las pruebas se probaron con  $\alpha = 0,05$  (Zar, 2010). Se utilizó el programa InfoStat versión 2014 para el análisis estadístico (Di Renzo *et al.*, 2014).

Los datos que tuvieron un residuo *estudentizado*  $> \pm 2$  se consideraron valores extremos y se eliminaron para el análisis de varianza (Belsley, Kuh y Welsch, 2004).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Macronutrientes

La exportación de macronutrientes por los tallos de los genotipos de *Brachiaria* fue diferente ( $P < 0,05$ ) excepto para el P ( $P \geq 0,05$ ) (Tabla 1). En cuanto a la exportación por las hojas los genotipos tuvieron comportamientos diferentes ( $P < 0,05$ ). De igual manera sucedió para la exportación total, los genotipos manifestaron comportamientos diferente ( $P < 0,05$ ).

#### Potasio

El Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá fueron los genotipos que menos cantidad de K exportaron en los tallos, con una media de  $23,4 \text{ kg ha}^{-1} \pm$  error estándar de  $4,2 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esto se debe a que estos genotipos fueron los que produjeron la menor cantidad de materia seca de tallos (Tabla 1). Dichos resultados se ven reflejados en la concentración de K, siendo los genotipos con menos concentración de K el Marandú, Mulato II, Xaraés y Decumbens ( $2,47 \% \pm 0,09 \%$ ); a diferencia del genotipo Piatá que presentó la mayor concentración de K en el tallo ( $3,4 \% \pm 0,2 \%$ ) (Tabla 2).

Los genotipos que exportaron menor cantidad de K en las hojas fueron el Marandú, Decumbens y Mulato II ( $96,4 \text{ kg ha}^{-1} \pm 14,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ), siendo el Marandú y el Xaraés los que produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Sin embargo el genotipo que mostró la mayor concentración de K en las hojas fue el Piatá ( $3,4 \% \pm 0,07 \%$ ) (Tabla 2).

En cuanto a la exportación total, los genotipos que exportaron la menor cantidad de K fueron el Mulato II, Marandú y Decumbens ( $117,5 \text{ kg ha}^{-1} \pm 18,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ), observándose que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de materia seca total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). No obstante, el Mulato II y el Marandú presentaron la menor concentración de K ( $1,43 \% \pm 0,19 \%$ ) (Tabla 2).

Estos resultados sugieren que el Marandú sería el genotipo más eficiente en el uso del K para la producción de materia seca total de forraje. El Piatá tuvo la mayor concentración de K en tallos, hojas y planta. Al parecer este genotipo requeriría la mayor



cantidad de K por unidad de materia seca para cumplir sus funciones de transporte de fotoasimilados, metabolismo de proteínas, carbohidratos y finalmente dar mayor fortalecimiento a los tejidos (Padilla, 2005). Según Salas y Cabalceta (2009) el Xaraés exportó en la época seca  $158,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, bajo las condiciones de Costa Rica, dichos resultados son altos a los encontrados en esta investigación. Según Sotomayor (2004) dentro de los factores que afectan el equilibrio y la disponibilidad del K esta la humedad del suelo. A mayor humedad, mayor disponibilidad de K, lo que indicaría que la época seca estaría afectando la disponibilidad de absorción de K por los pastos; además la materia orgánica también está relacionada con la disponibilidad de K ya que los sesquióxidos influiría en la capacidad de intercambio catiónico de los suelos tropicales, en el que se incluye al Andisol, limitando posiblemente una adecuada adsorción de K (Guerrero, 1974).

Además, según Bernal y Espinosa (2003) indica que los niveles críticos de K en las plantas están entre 1,96 % y 3,08 %, observándose que el Xaraés, Decumbens y Piatá estarían cumpliendo los niveles críticos indicados. No obstante, Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo de 3,41 % de K en tallos y 3,5 % en hojas para el pasto Xaraés bajo las condiciones de Costa Rica con evaluaciones durante un año. En la presente investigación en contenido de K en el suelo fue medio ( $0,3 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ).

### ***Nitrógeno***

Los genotipos que menos cantidad de N exportaron en los tallos fueron el Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá ( $12,08 \text{ kg ha}^{-1} \pm 2,02 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Estos genotipos serían los que elaboraron menos cantidad de materia seca en el tallo (Tabla 1). Tales resultados no estarían relacionados con la concentración de N porque todos los genotipos tendrían la misma concentración de N ( $1,38 \% \pm 0,05\%$ ) (Tabla 2).

Los análisis demostraron que los genotipos con menor exportación de N en las hojas serían el Mulato II, Piatá y Decumbens ( $105,93 \text{ kg ha}^{-1} \pm 7,76 \text{ kg ha}^{-1}$ ), siendo el Marandú y el Xaraés los que presentaron la mayor producción de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Por lo tanto el genotipo que mostró mayor concentración de N fue el Marandú ( $2,38 \% \pm 0,16 \%$ ); además, estuvo en el grupo de los genotipos que tuvieron más concentración de N (Tabla 2).

La exportación total de N fue menor para el Decumbens, Mulato II y Piatá ( $110,53 \text{ kg ha}^{-1} \pm 7,57 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A pesar de que el Xaraés y Marandú produjeron la mayor cantidad de forraje total no fueron los que menos N exportaron. Sin embargo el Mulato II, Xaraés, Piatá y Decumbens mostraron la menor concentración de N ( $1,8 \% \pm 0,06 \%$ ) (Tabla 2).

Estos resultados demostrarían que el Xaraés y Marandú serían los más eficaces en el uso del N para la elaboración de materia seca total de forraje. El Marandú tuvo la mayor concentración de N en hojas y planta, lo que indicaría que este genotipo requeriría la mayor cantidad de N que forma parte de las proteínas, clorofila y enzimas responsables de regular el crecimiento y formación del material vegetal (Mengel y Kirkby, 2000). Salas y Cabalceta (2009) reportaron la exportación total del Xaraés en  $99,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, durante la época seca. Demostrando que la exportación de N bajo las condiciones de Santo Domingo sería más elevada con relación a la obtenida en Costa Rica. Según Bernal y Espinosa (2003) en pastos se considera la concentración de N en la materia seca, es alto si tiene un contenido mayor al 4 % y bajo cuando es inferior al 2,9 %. Según estos niveles los genotipos estarían con deficiencia de N. Sin embargo, Rivera (2008) reportó concentraciones máximas de 2,6 % de N en la hoja y en el tallo de 1,47 % para el Xaraés, estos valores son similares a los encontrados en esta investigación para dicho genotipo. Esta baja concentración de N se explicaría porque los carbohidratos no estructurales (CNE) se estaría desdoblado en compuestos simples que se translocan a los puntos de crecimiento. La sequía aumenta la concentración CNE porque bajo estas condiciones la utilización de los CNE tienden a acumularse y se reduce el transporte de los productos de la fotosíntesis (Bernal y Espinosa, 2003). Según Pozo, Herrera y García (2002) en la época de menos lluvias al no aplicar N se tendrá baja concentración de CNE en la parte aérea. Por lo tanto, es probable que a menor concentración total de N en la planta, los CNE se almacenaran en algunos órganos vegetativos como raíces, rizomas, estolones y coronas. En esta investigación el N del suelo fue bajo ( $30,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y la materia orgánica, media (3,2 %).

### ***Fósforo***

En general todos los genotipos exportaron cantidades similares de P en el tallo ( $2,22 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,21 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Dichos resultados no estarían afines con la concentración de P porque todos los genotipos tendrían igual concentración de P en el tallo ( $0,23 \% \pm 0,01 \%$ ) (Tabla 2).

La información señala que el genotipo con menor exportación de P en las hojas es el Decumbens ( $7,33 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,01 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabla 1), siendo el Marandú y el Xaraés los que produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Por lo tanto los resultados no estarían relacionados con la concentración de P porque todos los genotipos tendrían igual concentración de P en las hojas ( $0,2 \% \pm 0,01 \%$ ) (Tabla 2).

Los genotipos Mulato II, Piatá y Decumbens fueron los que menos exportación total de P tuvieron ( $12,41 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,12 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Por lo tanto el Marandú y Xaraés fueron los que elaboraron la mayor cantidad de forraje total no fueron los que menos P exportaron. Dichos resultados sugieren que la exportación de P no dependerían de la concentración de P porque todos los genotipos tendrían la misma concentración de P ( $0,2 \% \pm 0,01\%$ ) (Tabla 2).

Estos resultados reflejarían que para la elaboración de materia seca total de forraje el Xaraés y Marandú serían los más eficaces en el uso del P. No obstante los genotipos obtuvieron igual concentración de P en tallos, hojas y total; esto indicaría que se requeriría mayor cantidad de P por unidad de materia seca para cumplir sus funciones de almacenamiento y transferencia de energía, forma parte de las nucleoproteínas, lipoides, fosfolípidos y finalmente en los procesos metabólicos de la respiración y fotosíntesis (Mengel y Kirkby, 2000). Salas y Cabalceta (2009) reportaron la exportación total del Xaraés en  $13 \text{ kg ha}^{-1}$  de P siendo los resultados obtenidos en la presente investigación más altos. Según Padilla (2005) el nivel crítico de P en forraje es  $0,21 \%$  cuando es deficiente y  $0,44 \%$  cuando está alto, esto indicaría que los niveles encontrados en los genotipos están con deficiencia de P. Rivera (2008) reportó  $0,31 \%$  en hojas y  $0,18 \%$  en tallos, indicando mayor concentración de P en el Xaraés cul-

tivado en Costa Rica. Posiblemente la baja concentración del P esté relacionada con la humedad del suelo. Según Undurraga (2015) el aumento de agua en el suelo induce a incrementar los iones de fosfato en la solución, en la época seca ocurre lo contrario, la cantidad de fósforo absorbido por especies desarrolladas es menor a la obtenida en época de lluvia. En la presente investigación en contenido de P en el suelo fue alto ( $40,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

### *Calcio*

Se puede observar que los genotipos Xaraés, Mulato II, Piatá y Decumbens fueron los que tuvieron menos exportación de Ca en el tallo ( $18,81 \text{ kg ha}^{-1} \pm 2,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Estos genotipos serían los que elaboraron menos cantidad de materia seca en el tallo a excepción del genotipo Decumbens que produjo la mayor cantidad de materia seca. Tales resultados se ven ligeramente relacionados con la concentración de Ca. Siendo el genotipo Decumbens el que menos concentración de Ca presentó ( $1,25 \% \pm 0,01\%$ ) (Tabla 2).

Durante la época seca se pudo observar que los genotipos Piatá y Decumbens fueron los que exportaron menos Ca en las hojas ( $94,45 \text{ kg ha}^{-1} \pm 19,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ), siendo el Marandú y el Xaraés los que presentaron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Sin embargo, el genotipo que mostró la mayor concentración de Ca sería el Mulato ( $3,7 \% \pm 0,03\%$ ) (Tabla 2).

El Piatá y Decumbens serían los genotipos que tuvieron menos exportación total de Ca ( $116,07 \text{ kg ha}^{-1} \pm 13,44 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). El Marandú y Xaraés fueron los que elaboraron la mayor cantidad de forraje total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). No obstante, el Decumbens es el genotipo que mostró menos concentración de Ca ( $1,38 \% \pm 0,01\%$ ) (Tabla 2).

Estos resultados indicarían que el Xaraés y Marandú serían los genotipos más eficientes en el uso del Ca para la producción de materia seca total de forraje. El Mulato II obtuvo la mayor concentración de Ca en tallos, hojas y planta, indicando que este genotipo requeriría la mayor cantidad de Ca por unidad de materia seca para cumplir sus funciones de fortalecimiento a la pared celular debido a que forma parte de la lámina media de la misma como pectato de Ca, de controlar la permeabilidad e inte-

gridad de las membranas celulares y finalmente intervenir en la división y la elongación celular (Padilla, 2005). Según Salas y Cabalceta (2009), en la época seca el genotipo Xaraés obtuvo la exportación total de Ca  $18,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , demostrando que los resultados obtenidos en la presente investigación son más altos a los alcanzados por dichos autores. Según Sotomayor (2004), Cortés, Bravo y Menjivar (2015), a mayor precipitación menor contenido de Ca y Mg, esto indicaría que durante el periodo seco se obtuvo menor precipitación aumentando el contenido de Ca en el suelo. En esta investigación el suelo presentó un contenido medio de Ca ( $7 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ ). Según Sotomayor (2004) el Ca intercambiable puede estar hasta 1000 veces más en la solución y la planta puede utilizarlos directamente a través de intercepción radical. Según Bernal y Espinosa (2003), un forraje es deficiente en Ca cuando presenta una concentración menor al 0,24 % y alto cuando es superior al 0,77 %. Estos rangos indicarían que todos los genotipos tendrían concentraciones altas de Ca. Sin embargo Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo 0,17 % de Ca en tallos y 0,41 % en hojas para el pasto Xaraés bajo las condiciones de Costa Rica.

### ***Magnesio***

Los resultados reportaron que los genotipos Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá serían lo que tuvieron menos exportación de Mg en el tallo ( $4,16 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,87 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Tabla 1), Esto se debería a que estos genotipos elaboraron la menor cantidad de materia seca en los tallos (Tabla 1). Dichos resultados se ven reflejados en la concentración de Mg, siendo los genotipos con menos concentración de Mg el Mulato II y Piatá ( $0,4 \% \pm 0,01 \%$ ) (Tabla 2).

La menor cantidad de Mg exportado en las hojas fue en los genotipos Mulato II y Decumbens ( $24,17 \text{ kg ha}^{-1} \pm 3,94 \text{ kg ha}^{-1}$ ), considerando que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Por lo tanto, el genotipo que mostró la mayor concentración de Mg en las hojas fue el Piatá ( $0,56 \% \pm 0,02 \%$ ) (Tabla 2).

La menor cantidad de exportación total fue realizada por los genotipos Piatá, Mulato II y Decumbens ( $30,76 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,75 \text{ kg ha}^{-1}$ ) encontrándose que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de materia seca total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ )

(Tabla 1). No obstante el Mulato II, Decumbens y Xaraés presentaron la menor concentración de Mg ( $0,47 \% \pm 0,02 \%$ ) (Tabla 2).

Los resultados indicarían que el Marandú y Xaraés serían los genotipos más eficientes en el uso del Mg para la producción de materia seca total de forraje. Por lo tanto el Marandú tuvo la mayor concentración de Mg en tallos, hojas y planta, sugiriendo que este genotipo requeriría la mayor cantidad de Mg por unidad de materia seca para cumplir sus funciones de formar el núcleo de la molécula de clorofila, formación de azúcares, activar las enzimas que catalizan reacciones en los procesos de respiración, activar el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas e intervenir en el transporte de los fosfatos (Padilla, 2005). Según Salas y Cabalceta (2009), reportaron que el Xaraés exportó  $17,5 \text{ kg ha}^{-1}$  en la época seca; indicando que los resultados obtenidos en esta investigación son más altos a los alcanzados por los autores indicados. Según Padilla (2005) el Mg en el suelo es un fuerte y pequeño catión divalente, dicha cualidad se reflejada cuando es retenido en la superficie de los coloides orgánicos e inorgánicos, lo que conlleva a que puede ser adsorbido por la plantas llegando hasta el sistema radicular de la misma por flujo de masas o difusión, porque esta forma intercambiable del Mg es disponible para las plantas y no es fácilmente lixiviado del suelo. Según Cortés, Bravo y Menjivar (2015) los Andisoles presentan un nivel medio Mg y alta CIC, en esta investigación el Mg en el suelo fue bajo ( $1,2 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ ). Asimismo, Mengel y Kirkby (2000) indica que el Mg es muy móvil en el floema y puede ser traslocado desde las hojas maduras a las más jóvenes y ápices, posiblemente esto indicaría una mayor exportación de Mg. Además, según Bernal y Espinosa (2003), en pastos se considera que los niveles críticos de Mg son deficientes cuando son menores a  $0,26 \%$  y altos cuando la concentración es de  $0,42 \%$ , indicando que todos los genotipos estarían cumpliendo los niveles críticos indicados. Igualmente Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo de  $0,21 \%$  de Mg en tallos y  $0,18 \%$  en hojas del pasto Xaraés. El nivel de Mg es el suelo fue bajo ( $1,2 \text{ cmol(+)} \text{ kg}^{-1}$ ).

### *Azufre*

En los tallos los genotipos que menos S exportaron serían el Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá ( $1,11 \text{ kg ha}^{-1} \pm 0,06 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Esto sugeriría que los genotipos elabora-

ron la menor cantidad de materia seca de tallos (Tabla 1). Dichos resultados se ven relacionados en la concentración de S siendo los genotipos con menos concentración de S el Marandú, Piatá y Xaraés ( $2,47 \% \pm 0,09 \%$ ) (Tabla 2).

En las hojas el Decumbens, Mulato II, Xaraés y Piatá exportaron menor cantidad de S ( $8,04 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,28 \text{ kg ha}^{-1}$ ), siendo el Marandú y el Xaraés los que produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Sin embargo los genotipos que mostraron la mayor concentración de S en las hojas fueron el Decumbens, Mulato II y Marandú ( $0,18 \% \pm 0,01 \%$ ) (Tabla 2).

El S, en cuanto a su exportación total, los genotipos que menos exportaron serían el Decumbens, Xaraés y Piatá ( $8,51 \text{ kg ha}^{-1} \pm 1,66 \text{ kg ha}^{-1}$ ), encontrándose que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de materia seca total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 1). Además, el Xaraés y Piatá presentaron la menor concentración de S ( $0,08 \% \pm 0,01 \%$ ) (Tabla 2).

Estos resultados implican que el Xaraés fue el genotipo más eficiente en el uso del S para la producción de materia seca total de forraje. Los genotipos Decumbens y Mulato II tuvieron la mayor concentración de S en tallos, hojas y planta, sugiriéndose que requieren la mayor cantidad de S por unidad de materia seca para cumplir sus funciones estructurales, como formar parte de las proteínas al servir de enlace de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, estableciendo puentes disulfuro, que ayudan a los enlaces peptídicos (NH-CO) a estabilizar la estructura de las proteínas y sus funciones metabólicas uniéndose a aminoácidos libres y a aminoácidos unidos a proteínas, a vitaminas sulfatadas como biotina, tiamina y la coenzima A. Dicha coenzima es el eslabón básico de conexión entre la glucólisis y el ciclo de Krebs (Mengel y Kirkby, 2000). Salas y Cabalceta (2009), reportaron que el Xaraés exportó en la época seca  $5,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de S. No obstante, los resultados obtenidos en la presente investigación son mayores a los reportados por dichos autores. Según Alfaro, Bernier e Iraira (2006), por cada 14 partes N empleadas en la formación de aminoácidos, se requiere de una parte de S, entonces se tendría mayor exportación de S porque los resultados de exportación de N son altos en comparación a los obtenidos por Salas y Cabalceta (2009). Posiblemente el S sea reciclado porque, como en el caso del P soluble en agua y el K en los tejidos de la planta, vuelven al suelo cuando se elimina

parte de agua, es decir, se reciclan, (Nguyen y Goh, 1993). Además, Bernal y Espinosa (2003) indican que los niveles críticos de S son bajos cuando es de 0,25 % de la materia seca y alto cuando es mayor que 0,54 %. Rivera (2008), reportó concentraciones máximas de 0,11 % de S en tallos y 0,14 % en hojas para el pasto Xaraés en Costa Rica con evaluaciones durante todo un año. Esto indicaría que todos los genotipos están bajos en la concentración de S. A pesar que existen evidencias de altas concentraciones S inorgánico en los suelos volcánico (Cabalceta y Cordero, 1994), en esta investigación el S tuvo un contenido medio ( $8,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Los genotipos no estarían absorbiendo el S en las cantidades requeridas, esto se debería a que el S en la solución nutritiva del suelo es bajo o está presente en una forma química que no puede ser utilizada por la planta. Según Padilla (2005) los iones sulfato pueden estar disponibles para la planta pero se ven afectados por las condiciones ambientales, velocidad de meteorización de la materia orgánica, movilización del sulfato por percolación y necesidades típicas del cultivo.

## **Micronutrientes**

### ***Cobre***

La información señala que los genotipos Mulato II, Marandú, Piatá y Xaraés serían los genotipos que menos Cu exportaron en el tallo, con una media de  $53,77 \text{ g ha}^{-1} \pm 14,78 \text{ g ha}^{-1}$  (Tabla 3). Esto indicaría que dichos genotipos produjeron la menor cantidad de materia seca de tallos (Tabla 3). Tales resultados se ven expresados en la concentración de Cu, siendo los genotipos con menos concentración de Cu el Mulato II, Xaraés y Decumbens ( $9,59 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,04 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4); excepto los genotipos Marandú y Piatá que fueron los que expresaron mayor concentración ( $13,02 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,14 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

El Decumbens y Mulato II fueron los genotipos que menos Cu exportaron en las hojas ( $48,14 \text{ g ha}^{-1} \pm 6,36 \text{ g ha}^{-1}$ ), siendo el Marandú y el Xaraés los genotipos que produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). Mientras tanto el genotipo que mostró la mayor concentración de Cu en la hojas fue el Piatá, Marandú y Decumbens ( $10 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,96 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).



Tabla 1. Promedios  $\pm$  error estándar ( $n = 4$ ) de la exportación 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 seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador

Genotipos <sup>a</sup>	Potasio	Nitrógeno	Calcio	Magnesio	Fósforo	Azufre	Materia seca
Tallos							
Marandú	26,8 $\pm$ 5,9 ab	16,1 $\pm$ 4,3 ab	42,6 $\pm$ 9,5 a	6,3 $\pm$ 1,5 ab	2,5 $\pm$ 0,4 a	1,3 $\pm$ 0,3 b	1,1 $\pm$ 0,3 ab
Xaraés	24,1 $\pm$ 3,8 ab	14,3 $\pm$ 3,3 ab	14,2 $\pm$ 2,2 b	4,6 $\pm$ 0,8 ab	2,5 $\pm$ 0,3 a	1 $\pm$ 0,2 b	1 $\pm$ 0,2 ab
Mulato II	11,5 $\pm$ 2,8 b	7 $\pm$ 1,5 b	17,9 $\pm$ 4,6 ab	2,1 $\pm$ 0,5 b	1,2 $\pm$ 0,3 a	1,1 $\pm$ 0,3 b	0,5 $\pm$ 0,1 b
Decumbens	47,2 $\pm$ 11 a	25,9 $\pm$ 5 a	27,2 $\pm$ 6,1 ab	8,1 $\pm$ 1,7 a	3,2 $\pm$ 0,7 a	4,1 $\pm$ 0,4 a	2,2 $\pm$ 0,5 a
Piatá	31 $\pm$ 2,2 ab	10,9 $\pm$ 0,9 ab	15,9 $\pm$ 1,3 ab	3,7 $\pm$ 0,3 ab	1,9 $\pm$ 0,2 a	1 $\pm$ 0,1 b	0,9 $\pm$ 0,1 ab
Promedio	27,1 $\pm$ 3,3	14,3 $\pm$ 1,9	23,6 $\pm$ 3,3	4,8 $\pm$ 0,6	2,2 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,3	1,1 $\pm$ 0,2
P-valor <sup>b</sup>	0,0158	0,0235	0,0313	0,0203	0,0521	0,0001	0,0184
Hojas							
Marandú	123,1 $\pm$ 18,8 ab	197,3 $\pm$ 37,8 a	159,1 $\pm$ 18,3 bc	47,4 $\pm$ 6,2 a	17,6 $\pm$ 1 a	15,2 $\pm$ 2,1 a	8,1 $\pm$ 1 ab
Xaraés	176,9 $\pm$ 10,4 a	195,8 $\pm$ 6,4 a	171,6 $\pm$ 11,2 b	49,8 $\pm$ 1,4 a	19,9 $\pm$ 1,2 a	8,3 $\pm$ 0,8 b	10,1 $\pm$ 0,5 a
Mulato II	73,9 $\pm$ 6,3 b	118,7 $\pm$ 4,9 ab	233,8 $\pm$ 14,6 a	28,1 $\pm$ 1,8 bc	12,9 $\pm$ 1,3 b	10 $\pm$ 0,5 ab	6,3 $\pm$ 0,4 bc
Decumbens	92,5 $\pm$ 18,5 b	107,1 $\pm$ 25,2 ab	75,4 $\pm$ 12,6 d	22,2 $\pm$ 3,1 c	7,8 $\pm$ 0,9 c	9,6 $\pm$ 1,5 ab	4,5 $\pm$ 0,5 c
Piatá	175,2 $\pm$ 12,9 a	91,9 $\pm$ 7 b	113,6 $\pm$ 4,5 cd	30,3 $\pm$ 1,9 b	10,8 $\pm$ 0,8 b	4,4 $\pm$ 0,4 b	5,4 $\pm$ 0,2 c
Promedio	128,3 $\pm$ 11,2	142,2 $\pm$ 13,3	150,7 $\pm$ 13,4	35,7 $\pm$ 2,9	14,1 $\pm$ 1,1	9,5 $\pm$ 0,9	7 $\pm$ 0,5
P-valor	0,0004	0,009	0,0001	0,0001	0,0001	0,0015	0,0001
Total (hojas + tallos)							
Marandú	174,1 $\pm$ 19,1 a	213,4 $\pm$ 41,6 a	201,7 $\pm$ 27,4 ab	52,2 $\pm$ 6,7 a	20,1 $\pm$ 1,3 a	16,4 $\pm$ 2,3 a	9,2 $\pm$ 1,2 ab
Xaraés	210,1 $\pm$ 6,2 a	210,1 $\pm$ 6,2 a	185,8 $\pm$ 9,7 ab	54,4 $\pm$ 2 a	22,4 $\pm$ 1,2 a	9,3 $\pm$ 0,8 b	11,1 $\pm$ 0,4 a
Mulato II	125,7 $\pm$ 6,3 b	125,7 $\pm$ 6,3 a	251,7 $\pm$ 17,8 a	30,2 $\pm$ 2,2 b	14,2 $\pm$ 1,5 b	11,1 $\pm$ 0,7 ab	6,8 $\pm$ 0,5 bc
Decumbens	108,5 $\pm$ 11,9 b	139 $\pm$ 31,6 a	102,6 $\pm$ 18,3 c	30,3 $\pm$ 4,5 b	10,9 $\pm$ 1,5 b	11,5 $\pm$ 1,8 ab	6,3 $\pm$ 0,8 c
Piatá	102,8 $\pm$ 7,1 b	102,8 $\pm$ 7,1 a	129,5 $\pm$ 4,5 bc	34,1 $\pm$ 1,6 b	12,7 $\pm$ 0,9 b	5,3 $\pm$ 0,4 b	6,3 $\pm$ 0,2 c
Promedio	154,7 $\pm$ 12,8	158,2 $\pm$ 14,1	174,3 $\pm$ 14	40,1 $\pm$ 2,9	16,3 $\pm$ 1,2	10,7 $\pm$ 1	8 $\pm$ 0,5
P-valor	0,0001	0,0245	0,0003	0,0001	0,0001	0,0013	0,0004

<sup>a</sup> Las alturas de corte 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. <sup>b</sup> Probabilidad que las diferencias entre los promedios se deban al azar según la prueba F. Promedios con letras distintas indican diferencias según Tukey  $\alpha = 0,05$

Tabla 2. Promedios  $\pm$  error estándar (n = 4) de la concentración de macronutrientes (%) de los genotipos de *Brachiaria* durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador

Genotipos <sup>a</sup>	Potasio	Nitrógeno	Calcio	Magnesio	Fósforo	Azufre
				Tallos		
Marandú	2,5 $\pm$ 0,16 b	1,5 $\pm$ 0,13 a	4 $\pm$ 0,06 a	0,58 $\pm$ 0,02 a	0,24 $\pm$ 0,02 a	0,12 $\pm$ 0,003 b
Xaraés	2,4 $\pm$ 0,01 b	1,4 $\pm$ 0,14 a	1,4 $\pm$ 0,01 d	0,46 $\pm$ 0,02 b	0,26 $\pm$ 0,01 a	0,1 $\pm$ 0,01 b
Mulato II	2,2 $\pm$ 0,04 b	1,4 $\pm$ 0,07 a	3,4 $\pm$ 0,01 b	0,4 $\pm$ 0,01 d	0,23 $\pm$ 0,02 a	0,21 $\pm$ 0,01 a
Decumbens	2,7 $\pm$ 0,07 b	1,5 $\pm$ 0,06 a	1,3 $\pm$ 0,01 e	0,46 $\pm$ 0,01 bc	0,19 $\pm$ 0,01 a	0,2 $\pm$ 0,012 a
Piatá	3,4 $\pm$ 0,2 a	1,2 $\pm$ 0,06 a	1,7 $\pm$ 0,06 c	0,4 $\pm$ 0,01 cd	0,21 $\pm$ 0,01 a	0,11 $\pm$ 0,01 b
Promedio	2,6 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,05	2,4 $\pm$ 0,26	0,46 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,011
P-valor <sup>b</sup>	0,0005	0,151	0,0001	0,0001	0,0573	0,0001
				Hojas		
Marandú	1,5 $\pm$ 0,07 b	2,4 $\pm$ 0,16 a	2 $\pm$ 0,02 c	0,65 $\pm$ 0,02 a	0,22 $\pm$ 0,02 a	0,19 $\pm$ 0,005 a
Xaraés	1,8 $\pm$ 0,02 b	2 $\pm$ 0,04 ab	1,7 $\pm$ 0,05 d	0,5 $\pm$ 0,03 bc	0,2 $\pm$ 0,003 a	0,08 $\pm$ 0,008 b
Mulato II	1,2 $\pm$ 0,06 c	1,9 $\pm$ 0,06 ab	3,7 $\pm$ 0,03 a	0,45 $\pm$ 0,01 c	0,2 $\pm$ 0,01 a	0,16 $\pm$ 0,005 a
Decumbens	1,7 $\pm$ 0,08 b	2 $\pm$ 0,14 ab	1,4 $\pm$ 0,02 e	0,49 $\pm$ 0,01 bc	0,18 $\pm$ 0,003 a	0,18 $\pm$ 0,002 a
Piatá	3,4 $\pm$ 0,07 a	1,7 $\pm$ 0,09 b	2,1 $\pm$ 0,02 b	0,57 $\pm$ 0,04 b	0,2 $\pm$ 0,01 a	0,08 $\pm$ 0,005 b
Promedio	1,8 $\pm$ 0,17	2 $\pm$ 0,07	2,2 $\pm$ 0,18	0,53 $\pm$ 0,02	0,2 $\pm$ 0,005	0,14 $\pm$ 0,011
P-valor	0,0001	0,0206	0,0001	0,0001	0,0719	0,0001
			Total (media ponderada de tallos y hojas)			
Marandú	1,6 $\pm$ 0,08 bc	2,3 $\pm$ 0,13 a	2,2 $\pm$ 0,03 b	0,64 $\pm$ 0,02 a	0,22 $\pm$ 0,02 a	0,18 $\pm$ 0,005 a
Xaraés	1,8 $\pm$ 0,02 b	1,9 $\pm$ 0,03 ab	1,7 $\pm$ 0,03 d	0,49 $\pm$ 0,03 bc	0,2 $\pm$ 0,003 a	0,08 $\pm$ 0,01 b
Mulato II	1,2 $\pm$ 0,07 c	1,9 $\pm$ 0,06 b	3,7 $\pm$ 0,03 a	0,44 $\pm$ 0,01 c	0,21 $\pm$ 0,01 a	0,16 $\pm$ 0,005 a
Decumbens	2 $\pm$ 0,09 b	1,8 $\pm$ 0,11 b	1,4 $\pm$ 0,01 e	0,49 $\pm$ 0,01 bc	0,18 $\pm$ 0,005 a	0,19 $\pm$ 0,004 a
Piatá	3,3 $\pm$ 0,15 a	1,6 $\pm$ 0,07 b	2,1 $\pm$ 0,02 c	0,54 $\pm$ 0,03 b	0,2 $\pm$ 0,01 a	0,08 $\pm$ 0,004 b
Promedio	2 $\pm$ 0,16	1,9 $\pm$ 0,06	2,2 $\pm$ 0,19	0,52 $\pm$ 0,02	0,2 $\pm$ 0,005	0,14 $\pm$ 0,011
P-valor	0,0001	0,0049	0,0001	0,0001	0,0937	0,0001

<sup>a</sup> Las alturas de corte 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. <sup>b</sup> Probabilidad que las diferencias entre los promedios se deban al azar según la prueba F. Promedios con letras distintas indican diferencias según Tukey  $\alpha = 0,05$

El Cu reportó igual exportación total en todos los genotipos ( $83,02 \text{ g ha}^{-1} \pm 4,83 \text{ g ha}^{-1}$ ), con respecto a la materia seca total los genotipos Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). No obstante, el Mulato II y el Xaraés presentaron la menor concentración de Cu ( $8,07 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Estos resultados indicarían que el Marandú y Xaraés sería los genotipos más eficientes en el uso del Cu para la producción de materia seca total de forraje. El Piatá y Marandú tuvieron la mayor concentración de Cu en tallos, hojas y planta, sugiriendo que este genotipo demandaría la mayor cantidad de Cu por unidad de materia seca para cumplir sus funciones de intervención en las reacciones de óxido-reducción, activación de sistemas enzimáticos y formar parte de la molécula de algunas de estas enzimas; además, influye tanto en el metabolismo de carbohidratos como en el del N (Mengel y Kirkby, 2000).

Según Salas y Cabalceta (2009) el Xaraés exportó  $59,0 \text{ g ha}^{-1}$  de Cu en la época seca de Costa Rica, dichos resultados son diferentes a los encontrados en esta investigación. Además, según Bernal y Espinosa (2003) los niveles críticos de Cu en los pastos están entre  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  cuando esta baja y alto cuando esta cantidad es superior a  $31 \text{ mg kg}^{-1}$ . Según estos rangos el Marandú, Decumbens y Piatá estarían cumpliendo los niveles críticos indicados. En cuanto a Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo de  $12 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cu en los tallos y  $11 \text{ mg kg}^{-1}$  en las hojas del pasto Xaraés bajo las condiciones de Costa Rica durante todo un año. La baja concentración de este microelemento se podría explicar porque la materia orgánica estaría reteniendo el Cu. El contenido de la materia orgánica del suelo del experimento fue medio ( $3,2 \%$ ) esto provocaría una deficiencia marcada del Cu aun cuando el suelo contenga niveles altos ( $14,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ), sin embargo estaría disponible una pequeña cantidad para el cultivo (Bernal y Espinosa, 2003).

### ***Boro***

Los valores obtenidos en la exportación de B en el tallo fueron ( $23,4 \text{ g ha}^{-1} \pm 7,68 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 3), tales valores pertenecen a los genotipos Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá ya que fueron los que menos cantidad de B exportaron en los tallos. Esto

indicaría que dichos genotipos serían los que menos cantidad de materia seca produjeron. El Marandú ( $21,3 \text{ mg kg}^{-1} \pm 1,12 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4) fue el genotipo que menos concentración de B en el tallo tuvo, tal resultado se ve vinculado con la materia seca, excepto el genotipo Piatá que manifestó la mayor concentración de B en el tallo ( $54,1 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 3).

El B exportado en las hojas en menor cantidad fue para el Marandú, Decumbens y Piatá ( $139,71 \text{ g ha}^{-1} \pm 36,01 \text{ g ha}^{-1}$ ), siendo el Marandú y el Xaraés los que produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). La mayor concentración de B en las hojas se observó en el Xaraés ( $79,12 \text{ mg kg}^{-1} \pm 2,28 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

En esta investigación se encontró que los genotipos con menor exportación total de B serían el Mulato II, Marandú, Piatá y Decumbens ( $195,98 \text{ g ha}^{-1} \pm 25,01 \text{ g ha}^{-1}$ ), hallándose que el Marandú y el Xaraés elaboraron la mayor cantidad de materia seca total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). Por lo tanto, se observó la menor concentración total de B en los genotipos Marandú y Piatá ( $21,49 \text{ mg kg}^{-1} \pm 2,24 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Estos resultados determinarían que el Marandú sería el genotipo más eficaz en el uso del B para la producción de materia seca total de forraje. El Xaraés presentó la mayor concentración de B en tallos, hojas y planta, indicando que requiere la mayor cantidad de B por unidad de materia seca para cumplir con sus funciones de formación de la pared celular, yemas, flores, germinación y crecimiento del tubo polínico, participar en el transporte de azúcares, de igual manera está involucrado en la síntesis del uracil y en el metabolismo del N, agua y carbohidratos (Mengel y Kirkby, 2000). Según lo investigado por Salas y Cabalceta (2009), el Xaraés exportó en la época seca  $27,9 \text{ g ha}^{-1}$ , tales resultados obtenidos en la presente investigación son más altos a los alcanzados por dichos autores. Se podría indicar que la época de sequía se favorecería la fijación de B pasando a formas no disponibles (Alarcón, 2015). Según Mengel y Kirkby (2000) el B se encuentra unido a la materia orgánica ya que los ácidos carboxílicos de los coloides húmicos puede condensar ácido bórico bajo condiciones de pH ácidas o neutras, los coloides húmicos probablemente conforman el reservorio principal de B en muchos suelos agrícolas y los pastos pueden absorberlo

en forma de ácido bórico, el pH de la presente investigación fue de 5,7. Además se conoce que el B es relativamente inmóvil en las plantas y continuamente los contenidos de B aumentan desde la parte inferior de la planta a la superior, por este motivo se encuentra más B en las hojas que en los tallos en la presente investigación. Según Bernal y Espinosa (2003) el B en la materia seca se considera adecuado si es mayor que  $30 \text{ mg kg}^{-1}$  y deficiente cuando esta concentración está por debajo de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ , demostrándose así que todos los genotipos están sobre el nivel óptimo. Mientras tanto Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo  $9 \text{ mg kg}^{-1}$  de B en tallo y  $21 \text{ mg kg}^{-1}$  en hojas en el pasto Xaraés bajo las condiciones de cultivo de Costa Rica.

### ***Hierro***

En el tallo los genotipos que menos Fe exportaron fueron el Piatá, Mulato II y Decumbens ( $117,74 \text{ g ha}^{-1} \pm 41,54 \text{ g ha}^{-1}$ ), lo que indicaría que tales genotipos produjeron la menor cantidad de materia seca en los tallos (Tabla 3). Dichos resultados se verían relacionados en la concentración de Fe, siendo el Decumbens ( $30,9 \text{ mg kg}^{-1} \pm 9,78 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4), el que tuvo menos concentración de Fe; a excepción del Piatá que tuvo la mayor concentración de Fe ( $54,13 \text{ mg kg}^{-1} \pm 0,45 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Los genotipos que obtuvieron la menor exportación de Fe en las hojas fueron Decumbens, Mulato II y Marandú ( $172,69 \text{ g ha}^{-1} \pm 227,99 \text{ g ha}^{-1}$ ), hallándose que el Marandú y el Xaraés serían los que produjeron más hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). En cuanto a la concentración, el Piatá y el Mulato II fueron los que presentaron más concentración de Cu ( $300,02 \text{ mg kg}^{-1} \pm 28,26 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Por lo tanto el Mulato II, Decumbens y Marandú obtuvieron la menor exportación total de Fe ( $1326,46 \text{ g ha}^{-1} \pm 255,22 \text{ g ha}^{-1}$ ), sabiendo que el Marandú y el Xaraés serían los que más materia seca total elaboraron ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). No obstante el Decumbens y Marandú manifestaron la menor concentración de Fe ( $122,39 \text{ mg kg}^{-1} \pm 12,45 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Los resultados indicarían que el Marandú fue el genotipo más eficiente en el uso de Fe para la elaboración de materia seca de forraje. Sin embargo, el Piatá requeriría la mayor concentración de Fe en tallos, hojas y planta, indicando que dichos genotipos necesitan la mayor cantidad de Fe por unidades de materia seca para cumplir con sus

funciones de catalizador en la síntesis de la clorofila, además formar parte de numerosos sistemas enzimáticos como los hemídicos que incluyen los citocromos, las mitocondrias y la cadena redox de la nitrato reductasa. El Fe también está implicado en el proceso de fijación de nitrógeno mediante la enzima leghemoglobulina, interviene en la fotorespiración y ciclo de Calvin mediante la catalasas, ayuda en la activación de la peroxidasa, favorecen la eliminación de  $H_2O_2$  en los cloroplastos y a su vez catalizan la polimerización de fenoles a lignina en la rizodermis y endodermis de las raíces, el Fe es fundamental en la biosíntesis de lignina y suberina. La función del Fe en el grupo de los no hemídicos se enfoca en la ferredoxina que intervienen en la reducción de nitrato y sulfato (Juárez, Cerdán y Sanchez, 2007). Según Salas y Cabalceta (2009), el genotipo Xaraés exportó  $643 \text{ g ha}^{-1}$  de Fe en la época seca, comparando estos resultados con los obtenidos en la presente investigación se puede observar que los resultados en Santo Domingo son más altos. Bernal y Espinosa (2003) indica que en los forraje la concentración de Fe en la materia seca se considera superiores si sobrepasa los  $360 \text{ mg kg}^{-1}$ , mientras que se consideran bajas cuando son inferiores a  $70 \text{ mg kg}^{-1}$ , demostrando así que los resultados obtenidos en los genotipos estarían sobre el nivel óptimo. Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo de  $281 \text{ mg kg}^{-1}$  de Fe en tallo y  $376 \text{ mg kg}^{-1}$  en hojas del Xaraés bajo las condiciones de Costa Rica, lo que indicaría que posiblemente el Piatá requiere mayor concentración de Fe para la biosíntesis de lignina y suberina ya que su crecimiento es erecto y macolla. La alta exportación de Fe en las plantas de esta investigación se debería a que el suelo Andisol es rico en ferrihidrita, según Ibáñez y Manríquez (2001) reportaron evidencias que casi todo el hierro con limitaciones orgánicas es ferrihidrita. A su vez Bernal y Espinosa (2003) aclaran que en suelos ácidos el Fe se encuentra disponible y es fácilmente absorbido por la planta en forma de  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ . En esta investigación el Fe en el suelo fue alto ( $156 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

### **Zinc**

En los tallos los genotipos que menor cantidad de Zn exportaron fueron el Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá ( $61,69 \text{ g ha}^{-1} \pm 4,41 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). Esto propondría que tales genotipos produjeron la menor cantidad de materia seca de tallos. Tales resultados se ven influenciados en la concentración de Zn, siendo el Decumbens, Xaraés, Piatá y Marandú los que menos presentaron la menor concentración de Zn ( $73,03 \text{ mg}$

$\text{kg}^{-1} \pm 6,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4), a excepción del Mulato que tuvo la mayor concentración.

En las hojas la exportación de Zn es menor en los genotipos Decumbens, Mulato II, Xaraés y Marandú ( $310,49 \text{ g ha}^{-1} \pm 41,33 \text{ g ha}^{-1}$ ), encontrándose que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). Sin embargo el Piatá mostró la mayor concentración de Zn ( $112,38 \text{ mg kg}^{-1} \pm 6,43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

En cuanto a la exportación total el Zn fue exportado en menor cantidad por el Decumbens, Mulato II, Xaraés y Marandú ( $403,55 \text{ g ha}^{-1} \pm 46,3 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 3), observándose que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de materia seca total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). El Xaraés expresó la menor concentración de Zn ( $28,43 \text{ mg kg}^{-1} \pm 3,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Los resultados indicarían que el Xaraés y el Marandú serían los genotipos más eficientes en el uso de del Zn para producción de materia seca total de forraje. Al contrario el Piatá absorbió la mayor concentración de Zn en tallos, hojas y planta, sugiriéndose que requieren mayor cantidad de Zn por unidad de materia seca para cumplir con sus funciones de activación de la anhidrasa carbónica que es la enzima que promueve reacciones de hidrólisis e hidratación que involucran grupos carbonil, otra enzima que contiene Zn es la alcohol dehidrogenasa encargada de catalizar la reducción del acetaldehído a etanol, que en plantas superiores se limitada ampliamente a zonas meristemáticas como ápices de raíces. El Zn está estrechamente relacionado en el metabolismo nitrogenado de la planta, es necesario para la síntesis de auxinas que es la fitohormona que actúa en el crecimiento vegetativo y de triptófano aminoácido esencial que promueve la síntesis de proteínas, finalmente el Zn aumenta la eficiencia de utilización del P (Mengel y Kirkby, 2000). Según Salas y Cabalceta (2009), el genotipo Xaraés exportó  $163 \text{ g ha}^{-1}$  de Zn en la época seca, tales resultados son más bajos que los obtenidos en la presente investigación. Según Bernal y Espinosa (2003) los niveles críticos de Zn en la materia seca en las plantas es bajo si es menor que  $26 \text{ mg kg}^{-1}$ , mientras que se considera alto cuando este es superior a  $70 \text{ mg kg}^{-1}$ , demostrándose así que el Piatá estaría cumpliendo los niveles críticos indicados. No

obstante Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo de  $84 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn en tallos y  $29 \text{ mg kg}^{-1}$  en hojas para el Xaraés bajo las condiciones de Costa Rica.

La alta exportación de Zn en los genotipos se debería a dos motivos; la intensidad de la adsorción de Zn por la goetita (óxido de hierro) (Mengel y Kirkby, 2000) lo que se explicaría por los niveles altos de Fe en el suelo en esta investigación y la asociación que establece el Zn con la materia orgánica formando quelatos, reduciendo la actividad del Zn en la solución del suelo, sin embargo el Zn que se queda retenido en los quelatos puede ser absorbido por la planta. A su vez el contenido alto de P en el suelo como es el caso de esta investigación, es frecuente encontrar que la concentración de Zn en los tejidos se reduzcan por tal motivo la concentración de Zn fue baja (Bernal y Espinosa, 2003). En esta investigación el Zn en el suelo fue medio ( $3,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

### ***Manganeso***

Los genotipos Marandú, Mulato II, Xaraés y Piatá serían los que exportaron la menor cantidad de Mn en los tallos ( $61,69 \text{ g ha}^{-1} \pm 4,41 \text{ g ha}^{-1}$ ). Esto mostraría que los genotipos fueron los que produjeron la menor cantidad de materia seca de tallos (Tabla 3). Tales resultados se ven expresados en la concentración de Mn, siendo los genotipos con menor concentración de Mn el Marandú, Mulato II y Decumbens ( $43,5 \text{ mg kg}^{-1} \pm 3,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabla 4). A diferencia de los genotipos Xaraés y Piatá que presentaron la mayor concentración de Mn en el tallo ( $97,53 \text{ g ha}^{-1} \pm 40,28 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 4).

El Decumbens, Mulato II, Xaraés y Piatá exportaron la menor cantidad de Mn en las hojas ( $294,03 \text{ g ha}^{-1} \pm 38,51 \text{ g ha}^{-1}$ ), Encontrándose que el Marandú y el Xaraés serían los genotipos que produjeron la mayor cantidad de hojas ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). Sin embargo el genotipo que mostró la mayor concentración de Mn fue el Marandú, Piatá y Decumbens ( $49,27 \text{ g ha}^{-1} \pm 1,78 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 4).

En cuanto a la exportación total, los genotipos que manifestaron la menor cantidad de exportación de Mn fueron el Decumbens, Mulato II, Xaraés y Piatá ( $361,54 \text{ g ha}^{-1} \pm 37,61 \text{ g ha}^{-1}$ ), observándose que el que el Marandú y el Xaraés produjeron la mayor cantidad de materia seca total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3). No obstante el Mu-



lato II, Xaraés y Decumbens presentaron la menor concentración de Mn ( $43,49 \text{ g ha}^{-1} \pm 1,82 \text{ g ha}^{-1}$ ) (Tabla 4).

Los resultados indicarían que el Xaraés y Marandú serían los genotipos más eficientes en el uso del Mn para producción de materia seca total de forraje. El genotipo Piatá y Marandú fueron los que tuvieron mayor concentración de Mn en tallos, hojas y planta, indicando que requieren la mayor cantidad de Mn por unidad de materia seca para cumplir con sus funciones. El  $\text{Mn}^{2+}$  se asemeja al  $\text{Mg}^{2+}$  debido a que las dos especies iónicas enlazan el ATP con el complejo de enzimas (fosfoquinasas y fosfotransferasas) (Mengel y Kirkby, 2000). Por esta razón intervienen en la síntesis de la clorofila y a su vez el Mn está involucrado en diversos sistemas de oxidación y reducción dentro de la planta, es muy esencial en los procesos de la respiración y en el metabolismo del N y los azúcares (Bernal y Espinosa, 2003). Según Salas y Cabalceta (2009), el Xaraés exportó  $621 \text{ g ha}^{-1}$  de Mn en la época seca, tales resultados son más altos a los obtenidos en la presente investigación. Según Mengel y Kirkby (2000) los niveles críticos en la materia seca de Mn en las plantas es inferior si es menor que  $48 \text{ mg kg}^{-1}$  y alto cuando se encuentra en cantidades superiores a  $290 \text{ mg kg}^{-1}$ , señalando que los cinco genotipos estarían con concentraciones inferiores de Mn. Mientras tanto Rivera (2008), reportó concentraciones de máximo de  $66 \text{ mg kg}^{-1}$  de Mn en tallos y  $95 \text{ mg kg}^{-1}$  en hojas para el pasto Xaraés bajo las condiciones de Costa Rica.

Por lo tanto, la baja exportación y concentración de Mn se debería a que las sales de Mn bajo condiciones muy secas o de poca lluvia, se estarían deshidratándose irreversiblemente y volviéndose así menos disponibles. Además, el Mn posee propiedades de cationes alcalinos ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) como de metales pesados (Zn, Fe). Por lo tanto, los iones de Zn y Fe afectan la absorción y translocación del Mn en la planta, lo que provocaría los bajos niveles de concentración y exportación (Mengel y Kirkby, 2000).

La producción materia seca de forraje total del Xaraés obtenida por Rivera (2008) fue  $4,55 \text{ t ha}^{-1}$  durante la época seca (julio a diciembre) en Alajuela, Costa Rica, con una precipitación de  $1177,3 \text{ mm}$  (IMN, 2015) en el periodo seco, en un suelo Inceptisol Fluventic Eutropepts de textura franco arenosa. En esta investigación; realizada

en Santo Domingo, Ecuador; el Marandú y el Xaraés tuvieron la mayor producción de forraje total ( $9,11 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,98 \text{ t ha}^{-1}$ ) en la época seca; mientras que el Mulato II, Decumbens y Piatá tuvieron la menor producción ( $5,65 \text{ t ha}^{-1} \pm 0,74 \text{ t ha}^{-1}$ ). El Xaraés cultivado en Ecuador durante la época seca (198,1 mm) estaría produciendo aproximadamente el doble de forraje total que en Costa Rica.

El Ca, N y K se exportaron en el forraje total en mayores cantidades ( $162,5 \text{ kg ha}^{-1} \pm 7,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que el Mg, P y S. Los tres últimos se exportaron en el orden decreciente indicado (Tabla 1). En cuanto a los micronutrientes el Fe fue el más exportado; mientras que el Zn, Mn y B se exportaron en cantidades iguales ( $390,7 \text{ g ha}^{-1} \pm 25,3 \text{ g ha}^{-1}$ ) y el Cu fue el que menos se exportó (Tabla 3).

La concentración de macronutrientes en el forraje total fue mayor para el Ca, K y N ( $2,03 \% \pm 0,08 \%$ ); que a su vez fueron mayores al Mg, y este al P y S ( $0,17 \% \pm 0,01 \%$ ) que presentaron concentraciones iguales (Tabla 2). Con respecto a la concentración de micronutrientes el Fe tuvo la mayor concentración que el Zn y Mn ( $52,9 \text{ mg kg}^{-1} \pm 3,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ), que fueron iguales y mayores al B y Cu, los dos últimos están en orden decreciente (Tabla 4).

Tabla 3. Promedios  $\pm$  error estándar ( $n = 4$ ) de la exportación de micronutrientes ( $\text{g ha}^{-1}$ ) y producción de materia seca de forraje ( $\text{t ha}^{-1}$ ) por los genotipos de *Brachiaria* durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador

Genotipos <sup>a</sup>	Cobre	Boro	Hierro	Zinc	Manganeso	Materia seca
	Tallos					
Marandú	13,8 $\pm$ 3 ab	22,7 $\pm$ 5,2 ab	305,6 $\pm$ 66,6 a	69,3 $\pm$ 16 b	48,6 $\pm$ 14,5 ab	1,1 $\pm$ 0,3 ab
Xaraés	9,5 $\pm$ 1,2 ab	36,9 $\pm$ 8,2 ab	394,9 $\pm$ 59,9 a	59,9 $\pm$ 9,3 b	54,8 $\pm$ 5,3 ab	1 $\pm$ 0,2 ab
Mulato II	4,5 $\pm$ 1 b	15,7 $\pm$ 4,8 b	98,2 $\pm$ 31,8 b	50 $\pm$ 12,6 b	20 $\pm$ 5,2 b	0,5 $\pm$ 0,1 b
Decumbens	22,1 $\pm$ 4,6 a	63,4 $\pm$ 13,7 a	57,6 $\pm$ 10 b	225,4 $\pm$ 19,4 a	103,6 $\pm$ 19,8 a	2,2 $\pm$ 0,5 a
Piatá	10,7 $\pm$ 1,8 ab	50,2 $\pm$ 4,9 ab	197,4 $\pm$ 28,2 ab	67,6 $\pm$ 6,4 b	91,8 $\pm$ 26,7 ab	0,9 $\pm$ 0,1 ab
Promedio	12,1 $\pm$ 1,7	37,8 $\pm$ 5,1	210,7 $\pm$ 33,9	87,5 $\pm$ 15	63,7 $\pm$ 9,6	1,1 $\pm$ 0,2
P-valor <sup>b</sup>	0,0123	0,0165	0,0011	0,0001	0,0195	0,0184
	Hojas					
Marandú	104,8 $\pm$ 17,3 a	193,2 $\pm$ 19,8 bc	1197,9 $\pm$ 227,1 ab	433 $\pm$ 53,8 ab	488,7 $\pm$ 59,7 a	8,1 $\pm$ 1 ab
Xaraés	89,7 $\pm$ 14,4 ab	770 $\pm$ 49,7 a	2006,4 $\pm$ 148,4 a	254,7 $\pm$ 37,4 b	409,2 $\pm$ 17,6 ab	10,1 $\pm$ 0,5 a
Mulato II	51,2 $\pm$ 6,1 bc	212,7 $\pm$ 17,6 b	1554,4 $\pm$ 114,6 ab	285,4 $\pm$ 31,4 b	262,8 $\pm$ 18,9 b	6,3 $\pm$ 0,4 bc
Decumbens	53,7 $\pm$ 8,1 c	154,8 $\pm$ 22,1 bc	765,8 $\pm$ 153,3 b	268,8 $\pm$ 47,5 b	247,3 $\pm$ 44,1 b	4,5 $\pm$ 0,5 c
Piatá	76,5 $\pm$ 6,6 ab	71,2 $\pm$ 7,2 c	1897,8 $\pm$ 206,4 a	604,4 $\pm$ 41,5 a	257 $\pm$ 18,4 b	5,4 $\pm$ 0,2 c
Promedio	76,4 $\pm$ 6,7	280,4 $\pm$ 58,3	1484,5 $\pm$ 125,9	369,3 $\pm$ 35,1	333 $\pm$ 26,7	7 $\pm$ 0,5
P-valor	0,0026	0,0001	0,0031	0,0006	0,0022	0,0001
	Total (tallos + hojas)					
Marandú	118,7 $\pm$ 20,3 a	215,9 $\pm$ 24,1 b	1503,5 $\pm$ 267,4 bc	502,3 $\pm$ 67,7 ab	537,3 $\pm$ 68,4 a	9,2 $\pm$ 1,2 ab
Xaraés	99,1 $\pm$ 13,9 a	807 $\pm$ 45,1 a	2401,3 $\pm$ 100,1 a	314,6 $\pm$ 34,7 b	463,9 $\pm$ 15,7 ab	11,1 $\pm$ 0,4 a
Mulato II	55,6 $\pm$ 7,4 a	228,4 $\pm$ 21,7 b	1652,6 $\pm$ 141,2 abc	335,4 $\pm$ 39,5 b	282,7 $\pm$ 21 b	6,8 $\pm$ 0,5 bc
Decumbens	75,7 $\pm$ 12,3 a	218,2 $\pm$ 35,2 b	823,3 $\pm$ 157 c	462 $\pm$ 70,2 ab	350,8 $\pm$ 62,3 ab	6,3 $\pm$ 0,8 c
Piatá	87,2 $\pm$ 5,5 a	121,4 $\pm$ 10,6 b	2095,3 $\pm$ 188,8 ab	672 $\pm$ 47,6 a	348,8 $\pm$ 25,4 ab	6,3 $\pm$ 0,2 c
Promedio	88,9 $\pm$ 7,2	318,2 $\pm$ 58	1695,2 $\pm$ 143	457,3 $\pm$ 36,6	396,7 $\pm$ 27,4	8 $\pm$ 0,5
P-valor	0,1135	0,0001	0,0009	0,0053	0,0166	0,0004

<sup>a</sup> Las alturas de corte 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. <sup>b</sup> Probabilidad que las diferencias entre los promedios se deban al azar según la prueba F. Promedios con letras distintas indican diferencias según Tukey  $\alpha = 0,05$

Tabla 4. Promedios  $\pm$  error estándar ( $n = 4$ ) de la concentración de micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de los genotipos de *Brachiaria* durante la época seca de 2014 (julio a diciembre) en Santo Domingo, Ecuador

Genotipos <sup>a</sup>	Cobre	Boro	Hierro	Zinc	Manganeso
			Tallos		
Marandú	12,9 $\pm$ 0,2 a	21,3 $\pm$ 1,1 c	284,6 $\pm$ 07,7 ab	64,1 $\pm$ 6,7 b	43,5 $\pm$ 2,9 bc
Xaraés	9,6 $\pm$ 0,3 b	34 $\pm$ 1 b	359 $\pm$ 18,9 a	60,8 $\pm$ 2,8 b	57,3 $\pm$ 5,1 b
Mulato II	8,9 $\pm$ 0,3 b	29,4 $\pm$ 1,5 b	184,3 $\pm$ 15,8 c	96,9 $\pm$ 3,4 a	38,1 $\pm$ 2,1 c
Decumbens	10,3 $\pm$ 0,3 b	29,3 $\pm$ 0,7 b	30,9 $\pm$ 9,8 d	91,3 $\pm$ 5,5 ab	48,9 $\pm$ 1,9 bc
Piatá	13,2 $\pm$ 0,6 a	54,1 $\pm$ 0,5 a	212,9 $\pm$ 20,3 bc	76 $\pm$ 12 ab	133 $\pm$ 0 a
Promedio	10,8 $\pm$ 0,4	33,6 $\pm$ 2,7	206,7 $\pm$ 26	77,8 $\pm$ 4,3	52 $\pm$ 5,5
P-valor <sup>b</sup>	0,0001	0,0001	0,0001	0,0096	0,0001
			Hojas		
Marandú	12,8 $\pm$ 0,6 ab	24 $\pm$ 1,4 c	150,3 $\pm$ 29,4 b	53,4 $\pm$ 1,5 b	54,5 $\pm$ 1,5 a
Xaraés	8,9 $\pm$ 1,3 b	79,1 $\pm$ 2,3 a	199,6 $\pm$ 14,9 b	25,3 $\pm$ 3,4 c	40,6 $\pm$ 1,1 b
Mulato II	8,2 $\pm$ 0,4 b	33,7 $\pm$ 1,7 b	245,9 $\pm$ 7,1 ab	44,9 $\pm$ 3,1 bc	41,6 $\pm$ 1,5 b
Decumbens	10,3 $\pm$ 0,1 ab	29,8 $\pm$ 1,4 b	144 $\pm$ 19,7 b	52,3 $\pm$ 7,2 b	46,6 $\pm$ 1,4 ab
Piatá	14,3 $\pm$ 1,3 a	13,3 $\pm$ 1,5 d	354,2 $\pm$ 41,5 a	112,4 $\pm$ 6,4 a	48 $\pm$ 4 ab
Promedio	11 $\pm$ 0,7	33,7 $\pm$ 5	218,8 $\pm$ 20,4	57,6 $\pm$ 7	45,8 $\pm$ 1,4
P-valor	0,0048	0,0001	0,0004	0,0001	0,0206
			Total (media ponderada de tallos y hojas)		
Marandú	12,8 $\pm$ 0,5 a	23,7 $\pm$ 1,3 c	138,8 $\pm$ 7,3 c	54,7 $\pm$ 1,4 bc	53,5 $\pm$ 1,1 a
Xaraés	7,8 $\pm$ 0,6 c	75,5 $\pm$ 2 a	217,4 $\pm$ 10,5 b	28,4 $\pm$ 3,1 d	41,9 $\pm$ 1 b
Mulato II	8,2 $\pm$ 0,4 bc	33,4 $\pm$ 1,6 b	241,4 $\pm$ 6,7 b	48,6 $\pm$ 3,2 c	41,4 $\pm$ 1,4 b
Decumbens	10,2 $\pm$ 0,2 b	29,7 $\pm$ 1 b	109,9 $\pm$ 10,3 c	63,5 $\pm$ 4,4 b	47,1 $\pm$ 1 ab
Piatá	13,8 $\pm$ 0,8 a	19,3 $\pm$ 1,6 c	296,6 $\pm$ 6,1 a	113,4 $\pm$ 3,8 a	51,7 $\pm$ 3,6 a
Promedio	10,8 $\pm$ 0,6	34,2 $\pm$ 4,4	198,9 $\pm$ 16,5	59 $\pm$ 6,3	46,5 $\pm$ 1,3
P-valor	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0011

<sup>a</sup> Las alturas de corte 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. <sup>b</sup> Probabilidad que las diferencias entre los promedios se deban al azar según la prueba F. Promedios con letras distintas indican diferencias según Tukey  $\alpha = 0,05$

#### IV. CONCLUSIONES

Durante la época seca los genotipos Xaraés y Marandú produjeron la mayor cantidad de materia seca de forraje total; siendo el genotipo Piatá el que produjo menos materia seca.

El Xaraés y Marandú fueron los más eficientes en el uso de los nutrientes para la producción de materia seca de forraje total. La exportación de macronutrientes por los genotipos Decumbens, Mulato II, Piatá, Xaraés y Marandú se presentó en el siguiente orden decreciente: calcio, potasio y nitrógeno fueron iguales y mayores que el magnesio, fósforo y azufre. Los tres últimos están en orden decreciente. En cuanto a los micronutrientes se exportó mayor cantidad de hierro que de zinc, manganeso y boro, siendo los tres últimos exportados en iguales cantidades; el cobre se exportó en la menor cantidad.

El Piatá y Marandú presentaron la mayor concentración de nutrientes en tallos, hojas y planta. Los genotipos indicados tuvieron una concentración de macronutrientes en el siguiente orden decreciente: calcio, nitrógeno y potasio tuvieron concentraciones iguales y mayores que el magnesio, este a su vez fue mayor a las concentraciones iguales de fósforo y azufre. En el caso de los micronutrientes el hierro tuvo la mayor concentración que el zinc y manganeso, que fueron iguales y mayores al boro, y este, al cobre.

## REFERENCIAS

- Alarcón, A. (2015). *El boro como nutriente esencial*. Universidad Politécnica de Cartagena., *Producción Agraria. Área Edafología y Química Agrícola*. Cartagena: Copyright Infoagro Systems, S.L. Consultado el 15 de Octubre de 2015. [http://www.infoagro.com/hortalizas/boro\\_nutriente\\_esencial2.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/boro_nutriente_esencial2.htm)
- Alfaro, M., Bernier, R., y Iraira, S. (2006). Efecto de Fuentes de Azufre Sobre el Rendimiento y Calidad de Trigo y Pradera en Dos Andisoles. *Agricultura Técnica*, 66 (3): 283-294.
- Belsley, D.A., Kuh, E, Welsch, R.E. (2004). *Regression diagnostics. Identifying influential data ad sources of collinearity*. Wiley-Interscience. New Jersey.
- Bernal, J., y J. Espinosa. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. INPOFOS, Quito.
- Bertsch, F. (2005). *Estudios de absorción de nutrimentos como apoyo a las recomendaciones de fertilización*. Instituto de la Potasa y el Fosforo San José, Costa Rica, Boletín Técnico N° 57.
- Cabalceta, G., y Cordero, A. (1994). Niveles críticos de azufre en ultisoles, inceptisoles. *Agronomía Costarricense*, 18(2): 163-174.
- Cortés P, L.E., Bravo, I., Martín, F., y Menjivar, J. (2015). Adsorción de metales pesados en andisoles, vertisoles y ácidos húmicos. *Ciencia del Suelo*, 64(1): 61-71.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, Y. C. (2011). *InfoStat versión 2011*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <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*. CABI Publishing. United Kingdom.
- Guerrero, J. (1974). *Influencia de la materia orgánica y materiales amorfos en la capacidad de intercambio catiónico de algunos suelos de la región del volcán Irazú*. (Tesis inédita de Magister Scientiae). Instituto Interamericano de ciencias Agrícolas de la OEA, Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales , Turrialba, Costa Rica.
- Jácome, L., y Suquilanda, M. (2008). Fertilización organo-mineral del pasto mulato (Brachiaria híbrido) y xaraes (Brachiaria brizantha Xaraés). *XI Congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo*. Consultado el 21 de enero del 2015 en: (<http://www.secsuelo.org/XICongreso/Simposios/Nutricion/Documento/Ponencias/18.%20Ing.%20Leonardo%20Jacome.pdf>).
- Jiménez S., H. (1980). *Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge*. CATIE: Turrialba, Costa Rica.
- Juárez, M., Cerdán, M., & Sanchez, A. (2007). *Hierro en el sistema suelo planta*. Universidad de Alicante, Departamento de Agroquímica y Bioquímica, Alicante. Consultado el 13 de octubre de 2015. <http://hdl.handle.net/10045/1845>

- Herrera, R.S. (1983). La calidad de los pastos En: *Los pastos en Cuba*. Utilización. EDICA. La Habana.
- Ibáñez, J.J., y Manríquez, F.J. (2011). *Los Andosoles (WRB 1998): Suelos Volcánicos*. Consultado el 17 de octubre de 2015. <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/11/23/140258>
- IMN. (2015). Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. Consultado el 19 de octubre de 2015. [http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?\\_\\_EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=8](http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=8)
- McKean, S. J. (1993). *Manual de análisis de suelos y tejidos vegetales. Una guía práctica y teórica de metodologías*. CIAT, Costa Rica.
- Mengel, K., y E.A. Kirkby. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. 1ª ed. EEA INTA Pergamino, Argentina.
- Nguyen, M. L., y Goh, K. M. (1993). An overview of the New Zealand sulphur cycling model for recommending sulphur requirements in grazed pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 36(4): 475-491.
- Padilla G., W. (2005). *Fertilización de suelos y nutrición vegetal*. 4ª ed. Grupo Clínica Agrícola, Quito.
- Pozo, P. D., Herrera, R., y García, M. (2002). Dinámica de los contenidos de carbohidratos y proteína bruta en el pasto estrella (*Cynodon*) con aplicación de nitrógeno y sin ella. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(3): 275-280. <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193018103001.pdf>
- Rivera, A. (2008). *Curvas de absorción de nutrimentos durante el establecimiento de potreros*. (Tesis de Maestría). Universidad de Costa Rica, Alajuela.
- Román C., D.C. (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, Ecuador.
- Salas, R., y G. Cabalceta. (2009). *Manejo del Sistema Suelo – Pasto*. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. Consultado el 3 de Agosto de 2015. [http://www.proleche.com/recursos/documentos/Manejo\\_del\\_sistema\\_suelo-pasto\\_Dr\\_Rafael\\_Salas\\_y\\_M\\_Sc\\_Gilberto\\_Cabelceta.pdf](http://www.proleche.com/recursos/documentos/Manejo_del_sistema_suelo-pasto_Dr_Rafael_Salas_y_M_Sc_Gilberto_Cabelceta.pdf)
- Santamaría, A. (2015). *Producción forrajera de genotipos establecidos de Brachiarias durante la época seca*. (Tesis inédita de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.
- Sotomayor, D. (2004). *Fertilidad de Suelos y Abonos Calcio, Magnesio y Azufre*. Universidad de Puerto Rico, Departamento de Agronomía y Suelos, Mayagüez. Consultado el 15 de septiembre de 2015. <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/FerTSuelos.pdf>
- Undurraga, P. (20015). *Conceptos de Fertilidad Fosfatada en Suelos Volcánicos*. Acta, Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago de Chile. Consultado el 12 de septiembre de 2015. <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR25013.pdf>
- Zar, J.H. (2010). *Biostatisticals analysis*. 5th ed. Unites States of America: Prentice Hall.