

# Curvas de absorción de nutrientes por el cultivo del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.).

---

## Nutrient absorption curve for “Barraganete” banana cultivation (*Musa paradisiaca* L.).

### Autores:

Leonardo Avellán<sup>1</sup>  
Marcelo Calvache Ulloa<sup>2</sup>  
Nexar Cobeña<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo  
Correo electrónico: leoavellan@hotmail.com  
Santo Domingo - Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica Equinoccial, Sede Santo Domingo  
Correo electrónico: angel.calvache@ute.edu.ec  
Santo Domingo - Ecuador

<sup>3</sup>Universidad Técnica de Manabí, Sede Santo Domingo  
Correo electrónico: nexcob@hotmail.com  
Santo Domingo - Ecuador

Recibido: 2015-03-03  
Aceptado: 2015-05-29  
Publicado: 2015-06-30



## Resumen

Se realizó una investigación para conocer la dinámica y los niveles de extracción de nutrientes, según el desarrollo fenológico del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.), en un cultivo nuevo, plantado a 2 m x 2 m, con una población de 2 500 plantas.ha<sup>-1</sup>, ubicado en El Carmen - Manabí, Ecuador. Los elementos que el cultivo absorbió en promedio fueron: potasio, 1 982,20 kg.ha<sup>-1</sup>; nitrógeno, 459,67 kg.ha<sup>-1</sup>; calcio, 215,57 kg.ha<sup>-1</sup>; magnesio (Mg), 78,83 kg.ha<sup>-1</sup>; azufre (S), 46,02 kg.ha<sup>-1</sup> y el fósforo (P) con 32,88 kg.ha<sup>-1</sup>. Con esta absorción, la plantación produjo 24,23 toneladas (1 101 cajas de exportación). Todos los nutrientes, exceptuando el Mn, tuvieron una tendencia creciente en la absorción hasta que el cultivo llegó a su fase final, donde la planta ya no emitió más hojas y priorizó la emisión de los hijuelos de sucesión.

**Palabras claves:** extracción de nutrientes, fenología, *Musa paradisiaca*, plátano barraganete.

## Abstract

An investigation was conducted to understand the dynamics and levels of nutrient removal, according to the phenological development of "barraganete" banana (*Musa paradisiaca* L.), in a new crop, planted at 2.0 m x 2.0 m with a population of 2 500 plants (pl) ha<sup>-1</sup>, located in El Carmen - Manabí, Ecuador. The elements absorbed by the cultivation were on average the following: potassium (K), 1 982,20 kg.ha<sup>-1</sup>; nitrogen (N), 459,67 kg.ha<sup>-1</sup>; calcium (Ca), 215,57 kg.ha<sup>-1</sup>; magnesium (Mg), 78,83 kg.ha<sup>-1</sup>; sulfur (S), 46,02 kg.ha<sup>-1</sup> and phosphorus (P) with 32,88 kg. ha<sup>-1</sup>. With this absorption, the plantation produced 24,23 tons (1 101 boxes for export). All nutrients except Mn had an increasing trend in absorption until the crop reached its final stage, where the plant no longer issued more leaves and prioritized the issue of succession suckers.

**Keywords:** nutrients, phenology, *Musa paradisiaca*, bananas.

## INTRODUCCIÓN

La producción de plátano data de varias décadas en el Ecuador, principalmente para el consumo interno, pero la demanda étnica en países como Estados Unidos y otros en Europa, han estimulado la producción de plátano de buena calidad para la exportación. Las exportaciones de plátano del Ecuador han ido en ascenso, alcanzando a finales del siglo anterior su punto máximo con 113 879,61 toneladas (Uribe, 2008).

El país cuenta con 113 135 ha (FAO-FAOSTAT, 2012); de las cuales, 27 000 ha están en la zona de El Carmen, provincia de Manabí (MAGAP, 2001).

La extracción nutrimental de los cultivos dentro de un mismo género no difiere sustancialmente (Ciampitti & García, 2008, ), pero cada curva es específica para cada variedad (Cabalceta, Saldías, & Alvarado, 2005), ya que dependen de factores internos, como la genética y la edad de la planta, y de externos como la humedad, suelo, temperatura, entre otros (Bertsch, 2003; Sancho, 1998).

Este conocimiento permite incrementar la producción y productividad del cultivo (Bertsch, 2003), debido a que se aplica sólo la cantidad requerida de nutrientes por la planta, evitando un gasto económico innecesario. Por otro lado, las curvas de absorción para un determinado cultivo permiten determinar la fertilización adecuada, tanto en cantidades totales de nutrientes como su distribución a lo largo del cultivo, lo que asegura la correcta utilización de los fertilizantes sin provocar efectos no deseables para el medio ambiente y permitiendo un desarrollo óptimo del cultivo (Sancho, 1998). Esta información es trascendental a la hora de diseñar programas de fertilización (Bertsch, 2005), pues ayuda a determinar las mejores alternativas de oportunidades de aplicación de los fertilizantes, en forma técnica, económica y ambientalmente adecuada, para la obtención de fruta de alta calidad y rendimiento.

Cada curva de absorción debe estar relacionada con la fenología; es decir, con los cambios visibles en los procesos vitales básicos que suceden en la planta durante un ciclo (De Daneri, 2011). En este contexto, las especies del género *Musa* presentan las fases: vegetativa, que

comienza desde el momento del trasplante hasta antes de la diferenciación floral ( $20 \pm 2$  hojas); reproductiva, que abarca la diferenciación y formación de flores femeninas y masculinas; la productiva, que inicia al culminar el proceso de diferenciación floral hasta la aparición de la yema en el ápice del pseudotallo y finaliza con la cosecha ( $38 \pm 2$  hojas) (Belalcázar, 2005); simultánea a esta última, está la fase de sucesión, en la cual se produce el retoño de sucesión (hijo primario), mismo que entra en su fase reproductiva de 2,5 a 3,0 meses después de la cosecha de la planta madre y está listo para su cosecha entre 5,5 o 6,0 meses después. (Marcelino, Gonzáles, & Ríos, 2004).

Proporcionar información para el manejo técnico del cultivo del plátano barraganete, sobre sus requerimientos nutrimentales fue el principal objetivo del presente trabajo, para esto se debe determinar la cantidad de nutrientes que el cultivo extrae (Vargas, 2010), de acuerdo con la etapa fenológica en que se encuentre.

Para obtener información y poder sincronizar la fertilización con fases de desarrollo y cantidades de nutrientes que el cultivo requiera se realizó el presente ensayo, para conocer la dinámica y los niveles de extracción nutrimental de acuerdo con el desarrollo fenológico del plátano barraganete (*Musa paradisiaca* L.), y así contribuir al incremento de la producción platanera.

## MÉTODOS Y MATERIALES

Esta investigación se realizó entre septiembre de 2008 a febrero de 2010 en la finca "Santa Marianita", El Carmen, Manabí, Ecuador, La ubicación geográfica del sitio del ensayo es  $00^{\circ} 16' S$  de latitud y a  $79^{\circ} 28' O$  de longitud a 260 msnm, con precipitaciones promedio de 2 700 mm, la temperatura oscila entre  $24,36$  a  $33,2^{\circ} C$ , presenta dos estaciones anuales muy bien definidas, la seca (entre julio y diciembre) y la lluviosa (entre enero y mayo).

Para el trasplante en la etapa de vivero, se seleccionaron hijuelos con pesos promedios de 450 gramos, limpios y desinfectados con Carbofuran 10G (20 g/planta), el sustrato fue una mezcla de dos partes de vermicompost, una parte de tierra amarilla y otra de suelo negro. El

trasplante a sitio definitivo se realizó cuando las plantas emitieron cuatro hojas, se ubicaron de acuerdo con la uniformidad del tamaño y al grosor del Pseudotallo, en sentido este – oeste, a dos metros entre plantas (pl.) y entre hileras (2 500 pl. ha<sup>-1</sup>).

Al cultivo se le suministró 22,66 g.pl<sup>-1</sup> de DAP (fosfato di amónico) depositado en el fondo del hoyo, suplementado con 69,4 g.pl<sup>-1</sup> de urea aplicada en banda de 10 cm de ancho, hecha a 20 cm de distancia de la planta, de acuerdo con las cantidades requeridas por el cultivo, según su análisis químico (Tabla 1). La relación Ca/Mg/K fue de 13.6/1.86/1, lo que indica que existe una deficiencia de Mg y K.

Se definieron tres bloques y en cada uno se evaluaron cuatro plantas por fase, las edades de las cuatro fases fueron en función de la emisión de hojas, siendo la emisión de las hojas 10, 20, 30 y la cosecha las fases 1, 2, 3 y 4. En la evaluación, cada planta fue separada en sus órganos, se tomó el peso fresco de cada uno y a los valores se les calcularon los promedios, desviaciones estándar (D.E.) y coeficiente de variación (C.V.). Los órganos homólogos formaron una muestra compuesta y se analizaron en el laboratorio para obtener el peso seco y el porcentaje de cada elemento absorbido.

Para calcular la cantidad de los elementos absorbidos (N, P, K, Ca, Mg y S) se utilizó la fórmula: Nutriente kg/ha<sup>-1</sup> = [PS tejido (kg/ha<sup>-1</sup>) x NUT (%)]/100.

El incremento de la cantidad promedio de nutrientes absorbidos en cada fase se determinó restando el valor obtenido en una fase de la inmediata anterior y este valor se lo expresó en porcentaje. Además se estableció la tasa de emisión foliar, contando los días transcurridos entre la emisión de dos hojas sucesivas (DeVos, 1984).

**Tabla 1.** Resultado del análisis químico del suelo\*, previo al trasplante al sitio definitivo.

Elemento	Valor	Unidad
P	8,12	ppm
S	13,91	ppm
NH4	31,80	ppm
K	0,67	meq. 100 g <sup>-1</sup>
Ca	9,14	meq. 100 g <sup>-1</sup>

Mg	1,25	meq. 100 g <sup>-1</sup>
Cu	5,96	ppm
B	0,30	ppm
Fe	162,18	ppm
Zn	5,38	ppm
Mn	2,88	ppm
CE	0,28	ds m-1
pH**	6,30	
MO***	4,91	%

\*Método: Olsen modificado.  
 \*\*Agua proporción 1:1,25.  
 \*\*\*Método: Walkey y Black.

Se realizaron seis controles mecánicos de malezas durante todo el ciclo del cultivo (cuatro en la época lluviosa y dos en la seca), y dos químicos a las 18 y 26 semanas después del trasplante (glifosato 2,0 l ha<sup>-1</sup>). Para el control de la Sigatoka Negra (*Micoesphaerella fijiensis*) se aplicaron en la época lluviosa, dos ciclos de agroquímicos distribuidos de una manera rotatoria de la siguiente manera: Benomyl, 300 g ha<sup>-1</sup>, seguido de Mancozeb, 2,5 kg/ha<sup>-1</sup> y Tilt ,600 cc ha<sup>-1</sup>. Las aplicaciones se realizaron con motobomba y boquilla de Ultra Bajo Volumen.

Se aplicaron también podas fitosanitarias mediante deshojes semanales de hojas dobladas y no funcionales (con más del 50% del área foliar en mal estado), además de las labores culturales como el deshije y la limpieza del pseudotallo.

## RESULTADOS

### Curva de crecimiento

En la figura 1 se muestra la curva de crecimiento para el plátano barraganete, en la que se aprecia que el crecimiento es muy similar hasta la emisión de la hoja 20, luego la parte aérea comienza a desarrollar mucho más que la subterránea, debido a que en esta etapa comienza la diferenciación floral (Aristizábal & Jaramillo, 2010), este crecimiento se triplica en la etapa final del ciclo.

Las plantas llegaron a la cosecha cuando emitieron 42 ± 2 hojas y el ritmo de emisión foliar cambió en las diferentes etapas, siendo de 6,5; 7,6; 7,8 y 9,7 días

para las fases en la emisión de las hojas 10, 20, 30 y cosecha respectivamente, mostrando una similitud en el crecimiento con otras especies del mismo género (Aristizábal, 2008).

### Acumulación de nitrógeno (N)

Los órganos que más acumularon este elemento fueron el cormo (137,7 kg.ha<sup>-1</sup>), el pseudotallo (117,6 kg.ha<sup>-1</sup>) y las hojas (107,9 kg.ha<sup>-1</sup>). La acumulación siempre fue ascendente a excepción de las hojas, la cual disminuyó a partir de la emisión de la inflorescencia.

Las acumulaciones en los diferentes órganos de la planta tuvieron comportamientos similares; esto es, concentraciones bajas hasta la emisión de la hoja 10, con ascensos vertiginosos desde la emisión de la hoja 20 por la diferenciación floral (Aristizábal & Jaramillo, 2010) hasta llegar a la etapa final del cultivo.

En las raíces hubo un ligero descenso en la acumulación, entre la emisión de las hojas 20 y 30, aumentando de nuevo en la cosecha por el incremento del número de raíces en los hijuelos de sucesión. El cormo también incrementó su concentración en la misma fase, debido

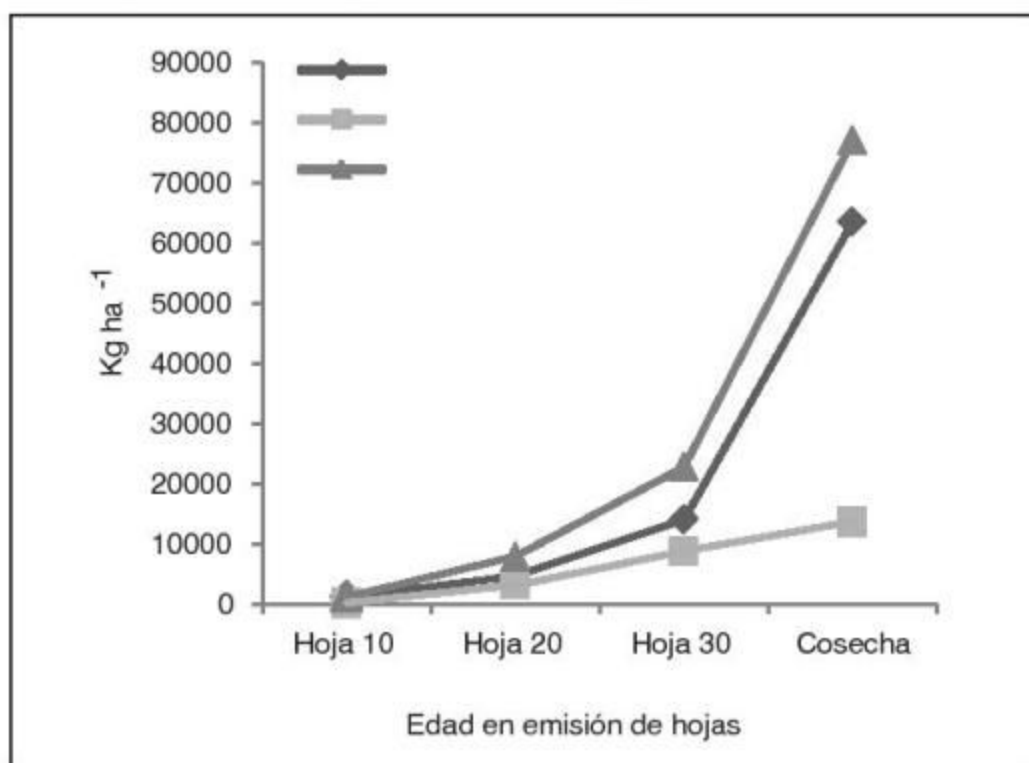
a que en él se forman los hijuelos de sucesión y además sirve de reserva de nutrientes para las primeras etapas de desarrollo de los mismos.

La bellota y el raquis acumularon poca cantidad del elemento, la gran mayoría de los productores normalmente dejan estos tejidos en la misma finca, favoreciendo el reciclado de nutrientes. Los dedos acumularon 80,89 kg.ha<sup>-1</sup>, cifra que se debe tener en cuenta para la reposición de los nutrientes exportados, (figura 2). Al realizar la suma de la absorción de N de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se pudo realizar la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo, misma que se ajustó al modelo de regresión polinómica cúbica. En la figura 2 se observa que la demanda de este elemento no disminuyó en ninguna etapa, debido a su movilidad por el rol esencial que cumple en el crecimiento del vegetal (Perdomo & Barbazán, 2009), ya que es constituyente de moléculas como: clorofila, aminoácidos esenciales, proteínas, etc. (UNAL, 2002). También se observa que la mayor tasa o velocidad de absorción se da entre la emisión de la hoja 30 y la cosecha, constituyendo un 40% del total absorbido.

**Tabla 2.** Peso seco, concentración y cantidad de nutrientes absorbidos por los diferentes órganos de plátano barraganete, durante su ciclo de cultivo.

Edad	Órgano	MATERIA SECA		%						kg ha <sup>-1</sup>					
		g pl <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Hoja 10	Raíz	10,8	27,1	1,8	0,2	5,8	0,6	0,3	0,1	0,5	0,0	1,6	0,2	0,1	0,0
	Cormo	28,1	70,1	1,7	0,1	5,2	0,6	0,2	0,1	1,2	0,1	3,6	0,4	0,1	0,1
	Pseudotallo	364,4	911,0	1,8	0,2	6,5	0,6	0,1	0,2	16,3	1,4	58,6	5,6	1,2	1,4
	Hojas	68,4	171,0	4,4	0,2	3,5	0,7	0,3	0,3	7,5	0,4	6,0	1,2	0,5	0,4
	<b>TOTAL</b>	<b>471,7</b>	<b>1179,2</b>							<b>25,5</b>	<b>1,9</b>	<b>69,7</b>	<b>7,4</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>
Hoja 20	Raíz	203,3	508,4	1,5	0,1	5,7	0,7	0,2	0,1	7,9	0,5	29,1	3,6	1,2	0,6
	Cormo	1099,1	2747,7	1,0	0,1	4,1	0,6	0,2	0,1	26,8	1,6	112,2	15,2	5,8	2,6
	Pseudotallo	1095,6	2738,9	1,5	0,2	6,5	0,9	0,1	0,1	40,8	4,7	176,5	23,7	3,9	3,6
	Hojas	762,7	1906,7	4,2	0,3	4,0	0,9	0,2	0,3	79,5	5,1	76,0	16,5	4,2	6,0
	<b>TOTAL</b>	<b>3160,7</b>	<b>7901,7</b>							<b>155,0</b>	<b>11,9</b>	<b>393,9</b>	<b>59,0</b>	<b>15,0</b>	<b>12,9</b>
Hoja 30	Raíz	306,2	765,5	0,9	0,1	5,7	1,3	0,3	0,1	7,2	0,5	43,3	9,8	2,5	0,6
	Cormo	3199,4	7998,5	0,6	0,0	5,1	0,9	0,3	0,1	47,3	3,7	409,4	69,7	20,6	6,5
	Pseudotallo	4167,4	10418,4	0,9	0,1	6,6	0,7	0,2	0,2	90,6	12,5	692,0	68,8	15,6	15,7
	Hojas	1407,2	3517,9	3,7	0,2	3,3	1,6	0,3	0,2	128,8	7,6	115,8	54,7	9,1	7,8
	Bellota	42,0	105,1	2,3	0,3	4,7	1,2	0,3	0,2	2,4	0,3	4,9	1,3	0,4	0,2
	<b>TOTAL</b>	<b>9122,2</b>	<b>22805,4</b>							<b>276,4</b>	<b>24,6</b>	<b>1265,4</b>	<b>204,1</b>	<b>48,3</b>	<b>30,8</b>
Cosecha	Raíz	487,2	1218,0	1,2	0,1	4,8	0,9	0,3	0,1	14,3	0,9	57,6	10,9	3,2	0,9
	Cormo	4961,0	12402,6	1,1	0,1	6,0	0,6	0,3	0,0	133,7	6,8	755,5	71,8	39,1	6,0
	Pseudotallo	5204,7	13011,8	0,9	0,1	6,7	0,5	0,1	0,1	117,6	9,1	865,2	65,7	18,3	14,7

Cosecha	Hojas	1432,2	3580,4	3,1	0,2	3,8	1,4	0,3	0,3	107,9	8,3	137,8	52,2	9,1	11,7
	Raquis	123,8	309,5	1,7	0,2	5,4	0,3	0,2	0,8	5,3	0,6	30,4	1,6	0,9	3,8
	Cáscara	758,6	1880,3	1,4	0,1	3,9	0,3	0,1	0,1	26,0	1,9	71,6	5,0	2,2	1,5
	Pulpa	2526,1	6315,3	0,9	0,1	1,3	0,2	0,1	0,1	54,9	5,3	64,0	8,3	6,2	7,4
	TOTAL	15493,6	38717,8							459,7	32,9	1982,2	215,6	78,8	46,0



La dosis que generalmente ubican los productores de urea es de cuatro sacos por hectárea (equivalente a 92 kg de N) muy por debajo de los 150 kg.ha<sup>-1</sup> recomendados para una población de 2 666 pl.ha<sup>-1</sup> (Espinosa, Belalcázar, Chacón, & Suárez, 2002), esto alcanzaría sólo para reponer la cantidad del elemento exportado en los dedos y el raquis que es de 86,19 kg.ha<sup>-1</sup>, lo que explicaría que la producción se mantenga baja en el tiempo.

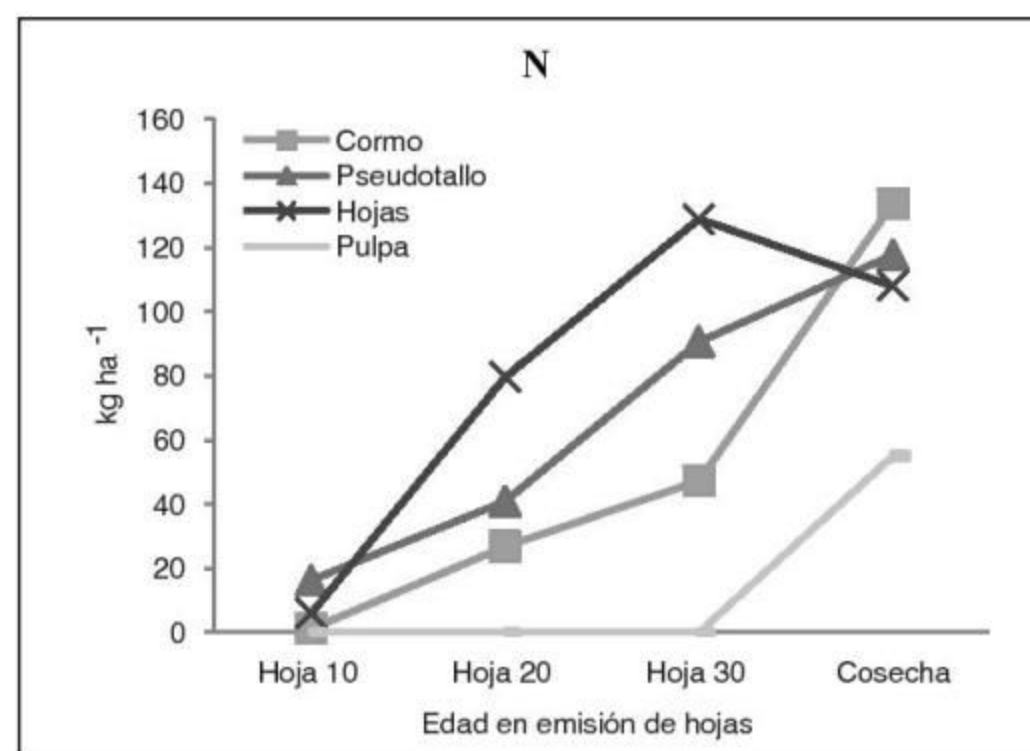
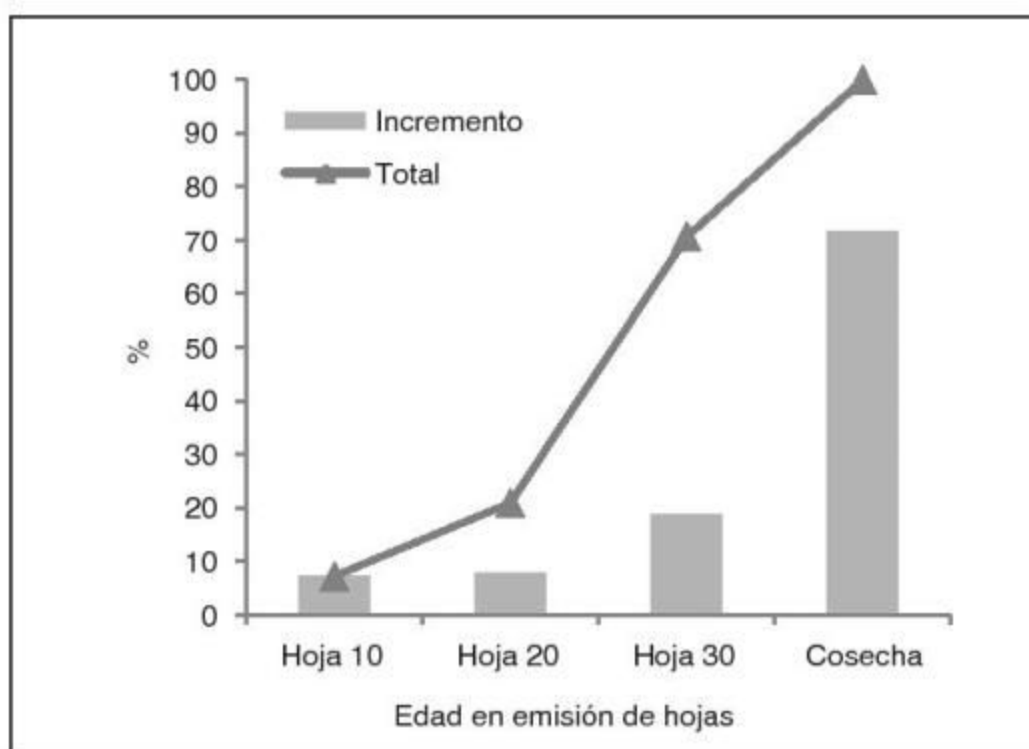
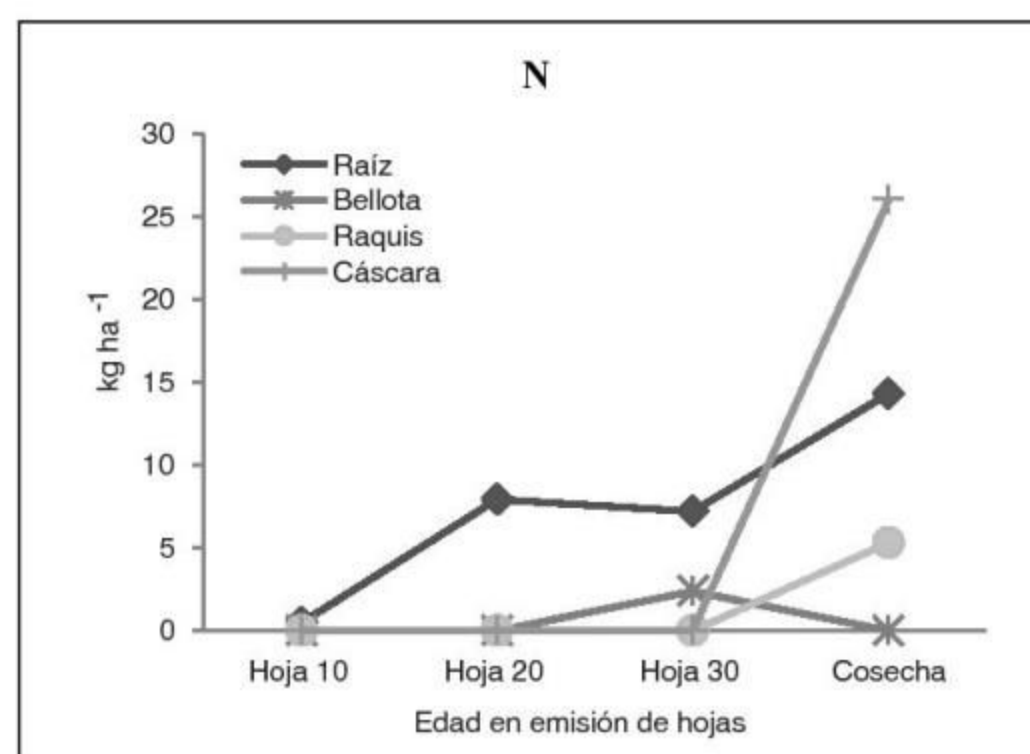
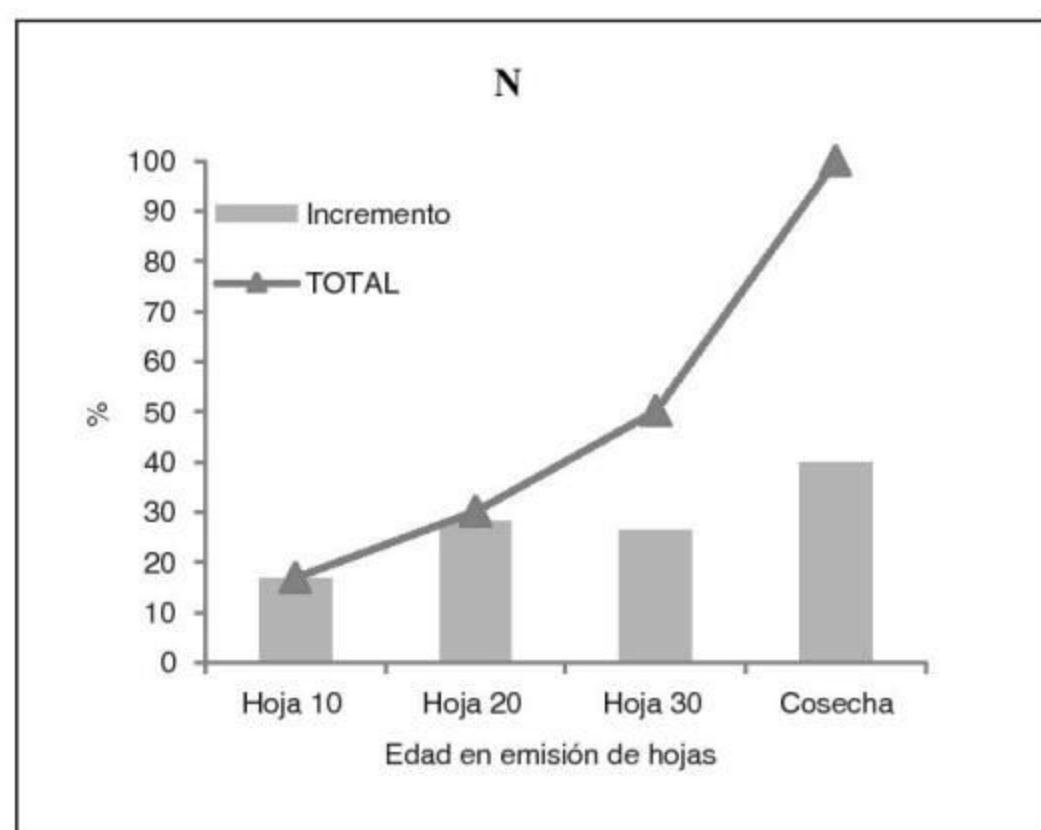
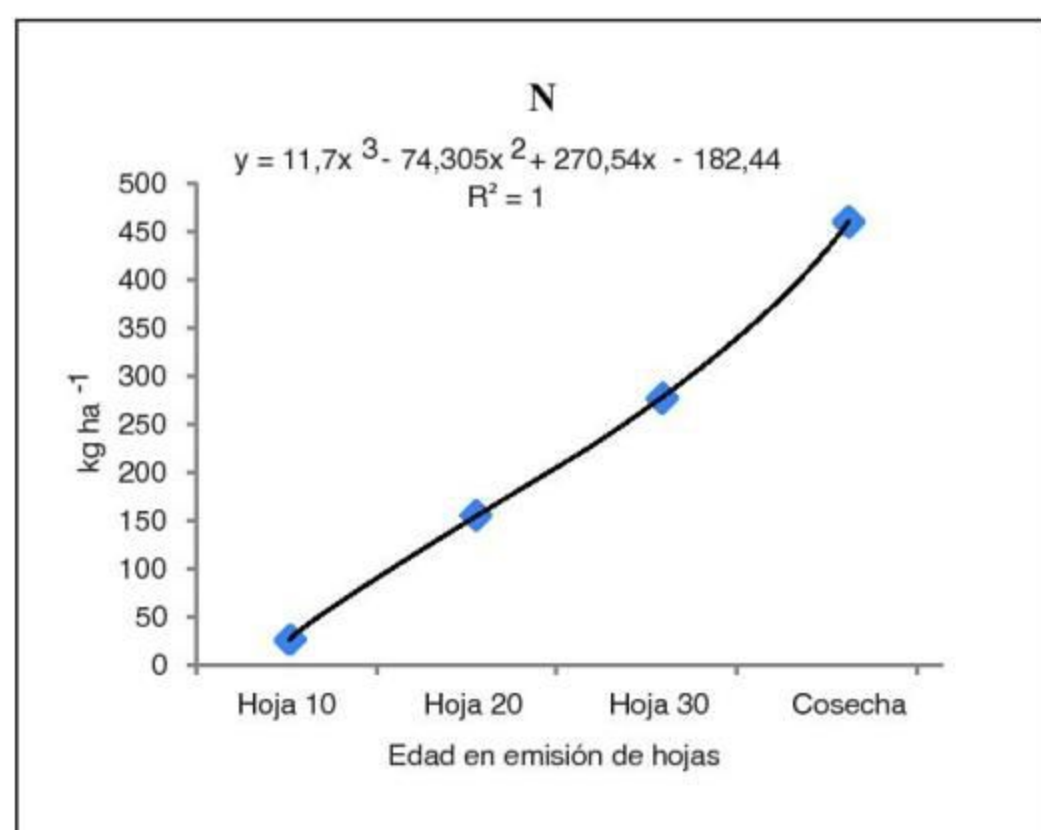


Figura 1. Curva de crecimiento del plátano barraganete.

Por otro lado, los productores generalmente trasplantan colines (no utilizan plántulas como en este ensayo) y ubican los fertilizantes al fondo del hoyo antes de enterrarlos. Como los hijuelos tardan entre 5 y 10 días en emitir raíces, no pueden aprovechar los nutrientes que son móviles en el suelo, sobre todo el N que se pierde fácilmente por volatilización (Ferraris, Coretot, & Toribio, 2009, septiembre).





**Figura 2.** Absorción de nitrógeno en el plátano barraganete.

### Acumulación de fósforo (P)

Los órganos que acumularon mayor cantidad de este elemento fueron: pseudotallo (9,1 kg.ha<sup>-1</sup>), hojas (8,3 kg.ha<sup>-1</sup>), corno (6,8 kg.ha<sup>-1</sup>) y la pulpa (5,3 kg.ha<sup>-1</sup>), la absorción siempre fue en forma ascendente durante todo el ciclo; a excepción del pseudotallo, cuya acumulación disminuyó a partir de la emisión de la hoja 30, debido a que este elemento es parte esencial de los procesos que transfieren el código genético de una generación a la siguiente, proveyendo el mapa genético para todos los aspectos de crecimiento y reproducción de la planta (INPOFOS, 1999).

En términos generales, el comportamiento de la absorción de P fue muy similar al de N, existiendo diferencias en las cantidades, siendo las de fósforo muy bajas frente a las de nitrógeno. Otra diferencia se evidenció en las hojas, donde para N, la acumulación comenzó a decrecer en la emisión de la hoja 30, mientras que para P no bajó, manteniendo la tendencia ascendente hasta la cosecha, debido a que este elemento forma parte de los ácidos nucleicos (A;G;C;T), adenosin-fosfatos (AMP, ADP, ATP) y piridin nucleótidos (NAD, NADP), por lo que participa en todas las reacciones energéticas del metabolismo, procesos anabólicos y transferencia de las características hereditarias.

Los órganos que menos acumularon P. fueron: la bellota (0,28 kg.ha<sup>-1</sup>), el raquis y los dedos 7,72 kg.ha<sup>-1</sup>; los dos primeros se dejaron en la misma finca, contribuyendo al reciclaje de nutrientes; la cantidad acumulada se debe tener en cuenta en el momento de la reposición de los nutrientes exportados.

El órgano que requiere P en mayor concentración cuando la planta llega a la senescencia es el corno, puesto que es allí donde se emitirán los hijuelos para perpetuar la especie, por tal razón la planta lo transloca hacia este órgano ya que está muy cerca.

A pesar de las diversas funciones que tiene este elemento en la planta, la cantidad absorbida y requerida por el cultivo fue muy baja, tanto es así que en el presente ensayo el total absorbido fue de 32,88 kg.ha<sup>-1</sup> y el exportado en los dedos y el raquis fue de 7,72 kg.ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado, los productores generalmente no fertilizan con este elemento, puesto que la cantidad de fósforo total o disponible presente en los suelos de esta zona varía entre 10 a 18 ppm (entre 20 a 36 kg.ha<sup>-1</sup>).

Al realizar la suma de la absorción de P de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se obtuvo la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo, misma que se ajustó al modelo de regresión polinómica cúbica. En la figura 3 se observan las comparaciones de las curvas de absorción de P de cada órgano. La etapa en la que más P absorbe la planta de plátano es entre la emisión de las hojas 20 y 30, representando el 40% del total absorbido por la planta.



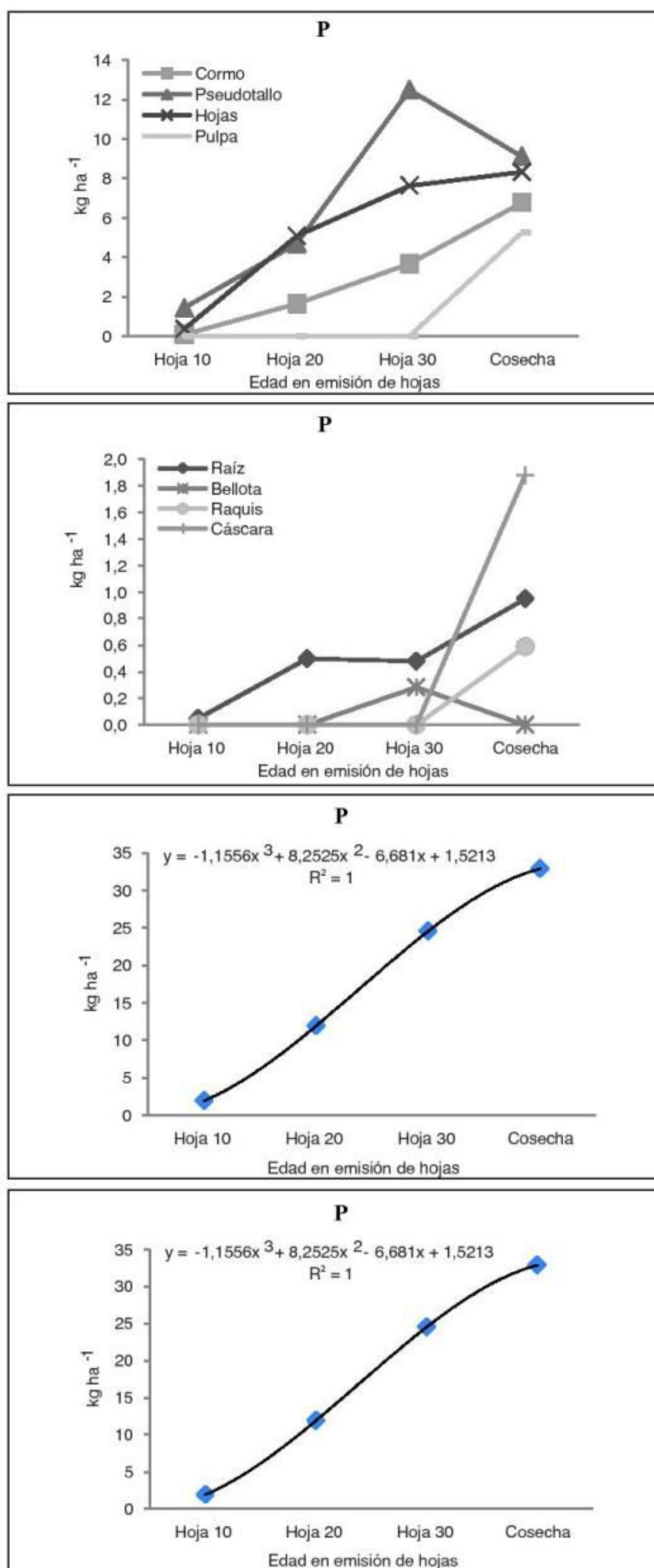


Figura 3. Absorción de fósforo en el plátano barraganete.

### Acumulación de potasio (K)

Los órganos que mayoritariamente acumularon potasio fueron el pseudotallo (865,2 kg.ha<sup>-1</sup>), el cormo (755,5 kg.ha<sup>-1</sup>) y las hojas (107,9 kg.ha<sup>-1</sup>); y, en menor cantidad, la cáscara (71,6 kg.ha<sup>-1</sup>), la pulpa (64,0 kg.ha<sup>-1</sup>), la raíz (57,6 kg/ha<sup>-1</sup>), el raquis (30,4 kg/ha<sup>-1</sup>) y la bellota (4,9 kg/ha<sup>-1</sup>).

Todos los órganos tuvieron curvas ascendentes por la movilidad del K dentro de las plantas, se movió por el xilema y el floema hacia los tejidos meristemáticos (Kant & Kafkafi, 2002), dicha movilidad es debida al papel del potasio como activador de numerosos enzimas como: acético tiokinasa, aldolasa, piruvato kinasa, succinil-CoA sintetasa, ATPasas, etc. (UNAL, 2002).

La curva de absorción total tuvo la misma tendencia de los elementos anteriores; es decir, ascendente hasta el final del ciclo vegetativo, con un drástico crecimiento a partir de la emisión de la hoja 20, por la diferenciación floral (Aristizábal & Jaramillo, 2010).

De los macronutrientes estudiados, el K fue el elemento que más acumuló la planta, obteniendo una diferencia de 1 522,53 kg.ha<sup>-1</sup> sobre el segundo de mayor acumulación que fue el N; demostrando el rol de activador enzimático que cumple el potasio en las plantas.

Se conoce que las musáceas requieren altas cantidades de potasio; en este caso, el plátano extrajo 1 982,0 kg.ha<sup>-1</sup> y se exportó en los dedos y el raquis 1 65,96 kg.ha<sup>-1</sup>. Los productores utilizan generalmente el muriato de potasio (KCl, 52% de K<sub>2</sub>O) como fuente de este mineral, con una dosis promedio de cuatro sacos por hectárea, que equivale a 77,702 kg de K.ha<sup>-1</sup>, muy por debajo de la dosis recomendada de 280 kg de K.ha<sup>-1</sup> para una plantación de 2 666 plantas (Espinosa et al., 2002). Esto deja entrever que la dosis suministrada por el productor está siendo insuficiente para reponer lo exportado, y no alcanza para abastecer la demanda del cultivo.

Al efectuar la suma de la absorción de K de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se pudo realizar la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo. En la figura 4 se aprecia que la edad de mayor demanda fue a partir de la emisión de la hoja 20 y que

la curva de acumulación de nutrientes se ajustó a un modelo de regresión polinómica cúbica. Además, se observan las comparaciones de las curvas de absorción de K de cada órgano, en donde se puede apreciar los órganos que mayor y menor cantidad de este elemento acumularon. La etapa en la que más K absorbe la planta de plátano es entre la emisión de la hojas 20 y 30, representando el 45% del total absorbido por la planta.

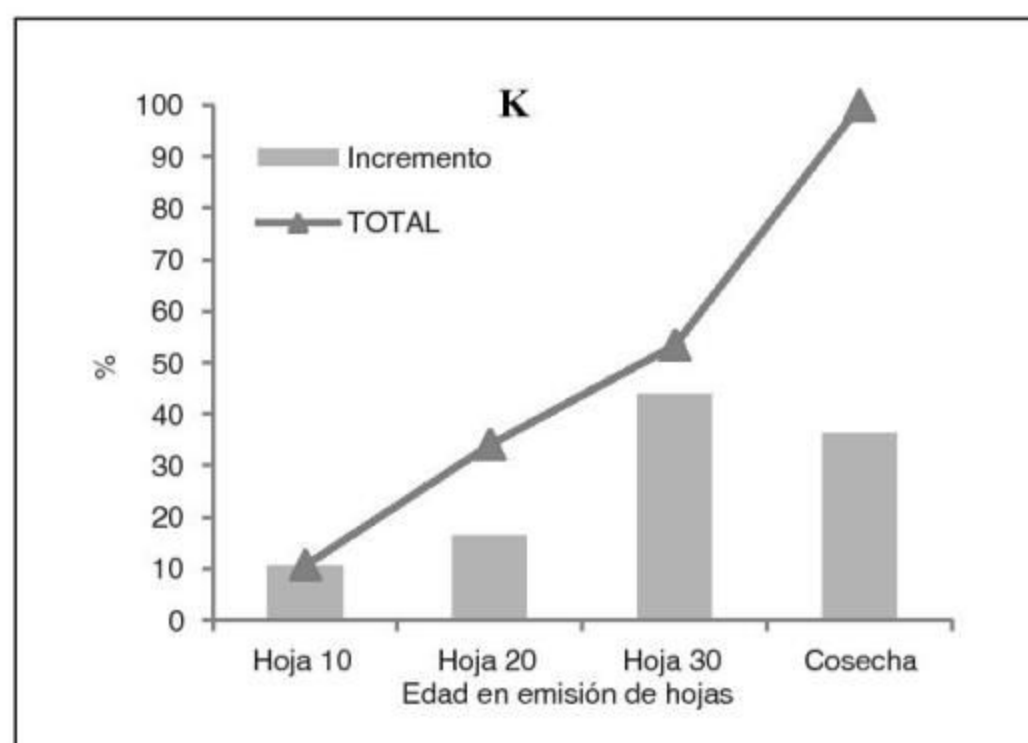
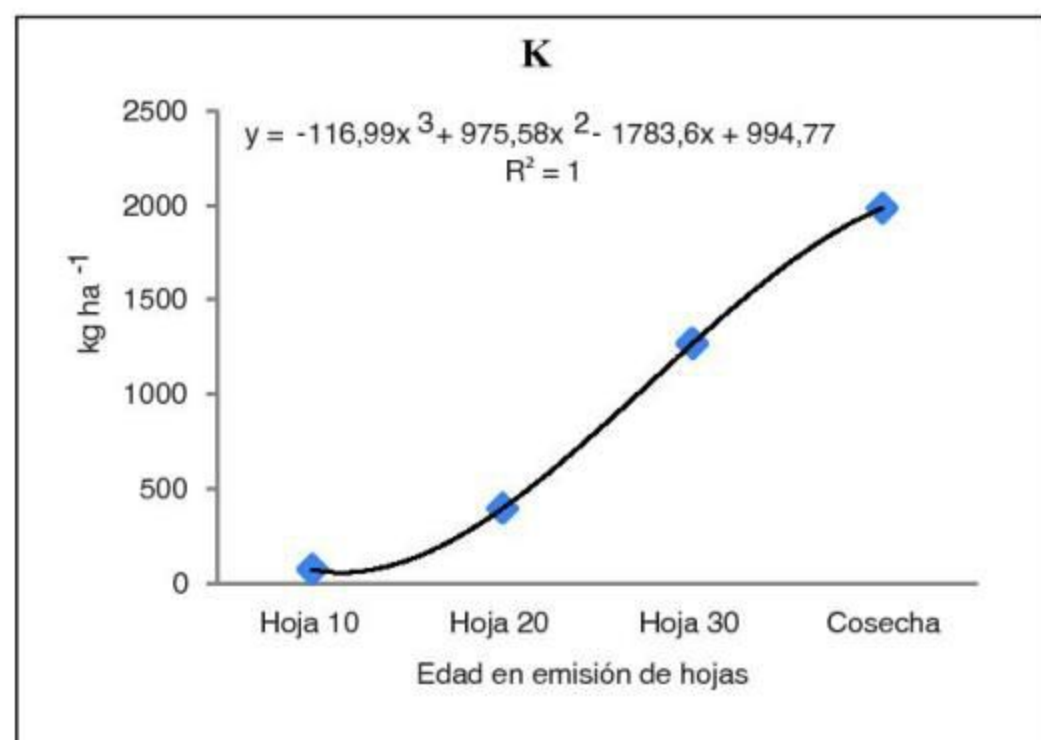
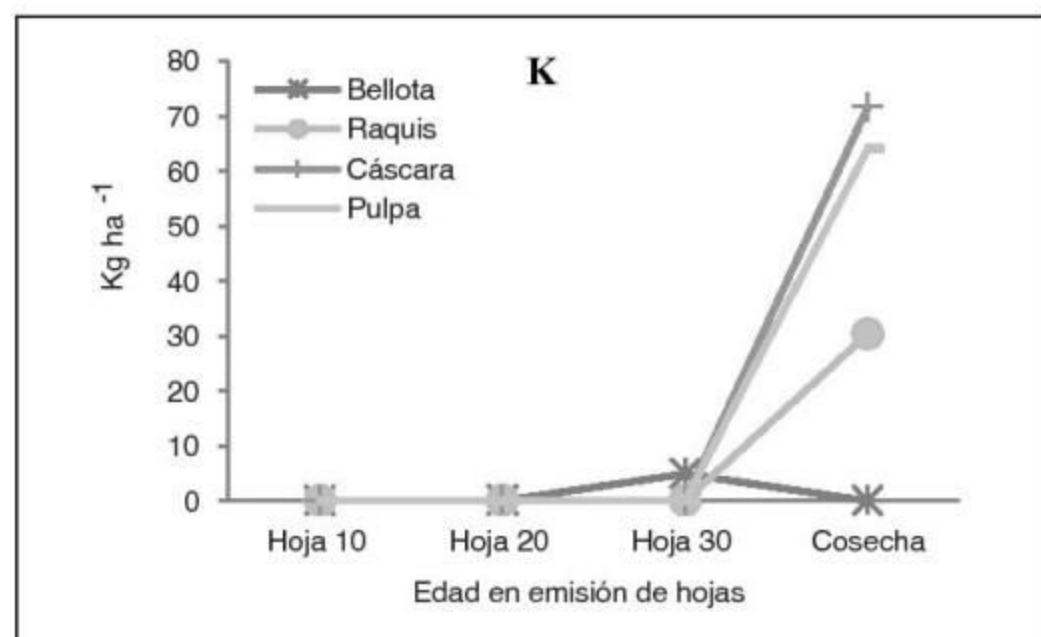
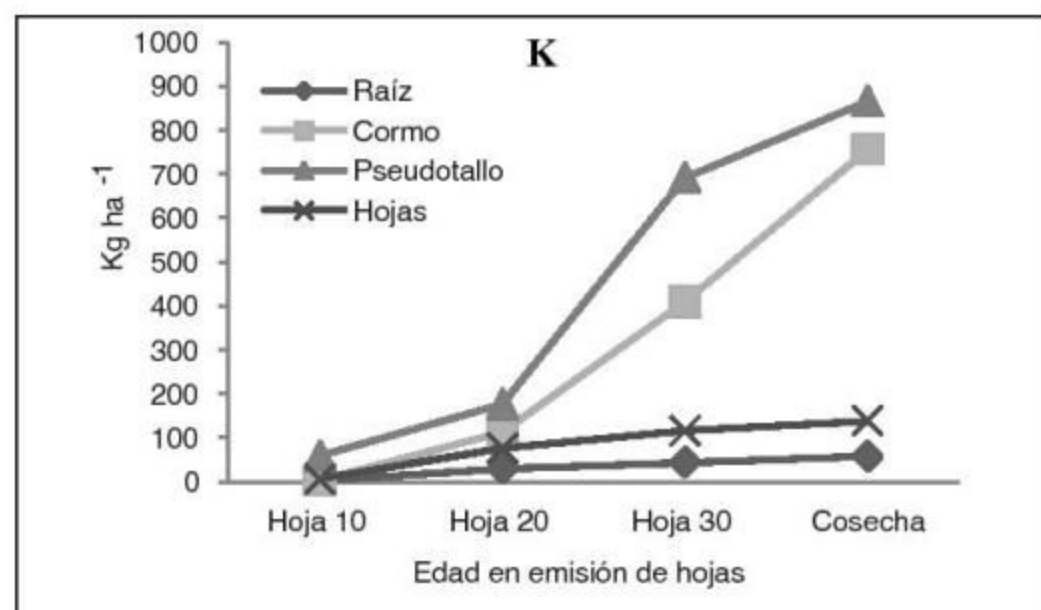


Figura 4. Absorción de potasio en el plátano barraganete.

### Acumulación de calcio (Ca)

El cormo, el pseudotallo, las hojas y la raíz fueron los órganos que acumularon más cantidad de Ca : 71,8; 65,7; 52,2 y 10,9 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente: los que acumularon en menor cantidad fueron: la pulpa (8,3 kg.ha<sup>-1</sup>), la cáscara (5,0 kg.ha<sup>-1</sup>), el raquis (1,6 kg. ha<sup>-1</sup>) y la bellota (1,3 kg.ha<sup>-1</sup>).

La curva de acumulación de este elemento en cada uno de los órganos fue en ascenso desde el comienzo, debido a que este elemento es componente estructural de paredes y membranas celulares, además actúa como cofactor de varias enzimas (UNAL, 2002). El ascenso de la curva de absorción fue vertiginoso desde la emisión de la hoja 20 por la diferenciación floral que en esta etapa ocurre (Aristizábal & Jaramillo, 2010) hasta la hoja 30. A partir de allí, hubo un descenso ligero en la acumulación en ciertos órganos (pseudotallo y hojas), debido a que la planta ya no emite más hojas por llegar a la senescencia, y las paredes celulares comienzan a perder turgencia debido a que el Ca es parte del pectato cálcico, necesario para la formación de paredes (IPNI, 2012).

El cultivo extrajo 215,57 kg ha<sup>-1</sup> de Ca y se exportaron en los dedos y en el raquis 14,92 kg ha<sup>-1</sup>. Los productores normalmente no ubican fertilizantes que contengan este elemento puesto que la mayoría de lo extraído se recicla en la misma finca; además, la cantidad exportada en los dedos es muy baja, también ayuda los niveles altos de este elemento presente en el suelo (9,14 meq 100g<sup>-1</sup>).

Al efectuar la suma de la acumulación de Ca de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se pudo realizar la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo. En la figura 5 se observa que la edad en que existe mayor demanda de Ca es la comprendida entre la emisión de las hojas 20 y 30; la curva de acumulación de nutrientes se ajustó a un modelo de regresión polinómico cúbico. La etapa en la que más Ca absorbe la planta de plátano es entre la emisión de las hojas 20 y 30, representando el 43% del total absorbido por la planta.

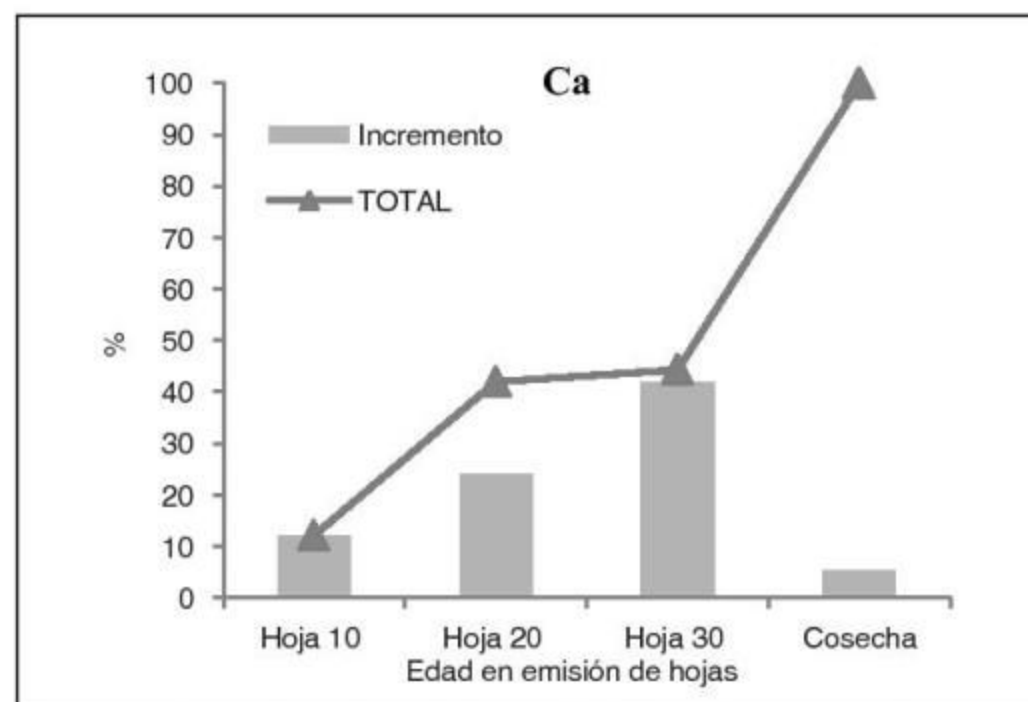
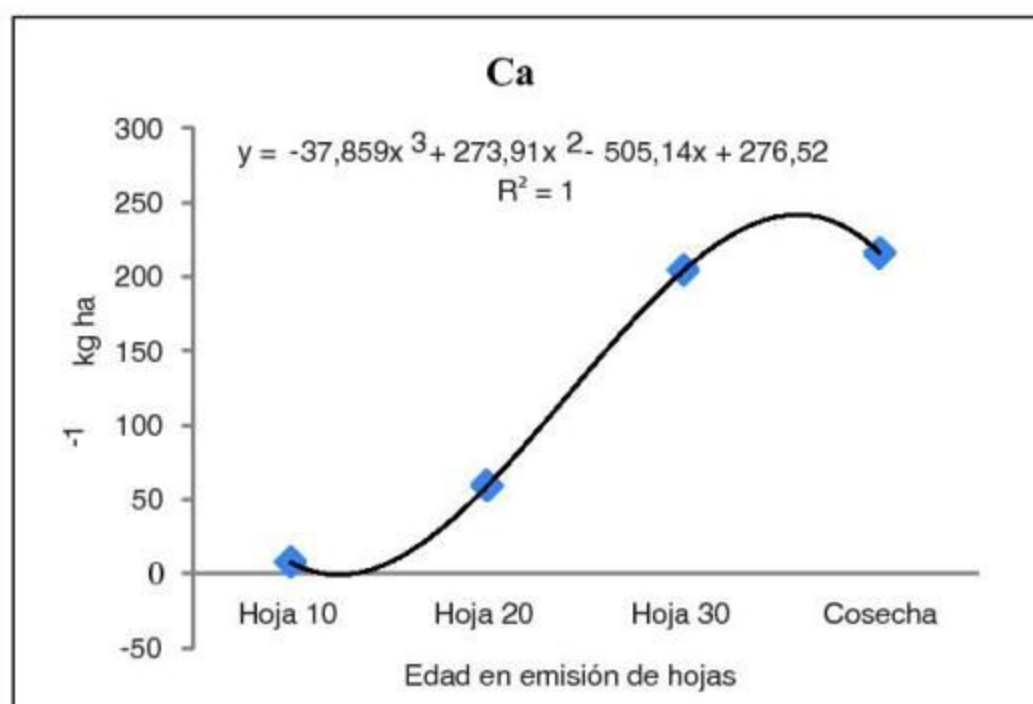
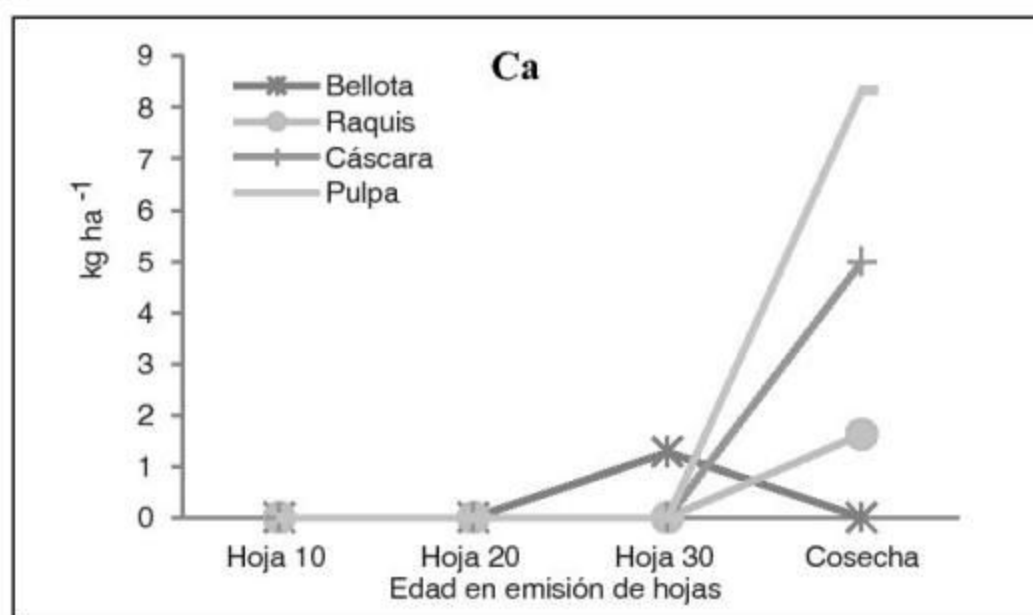
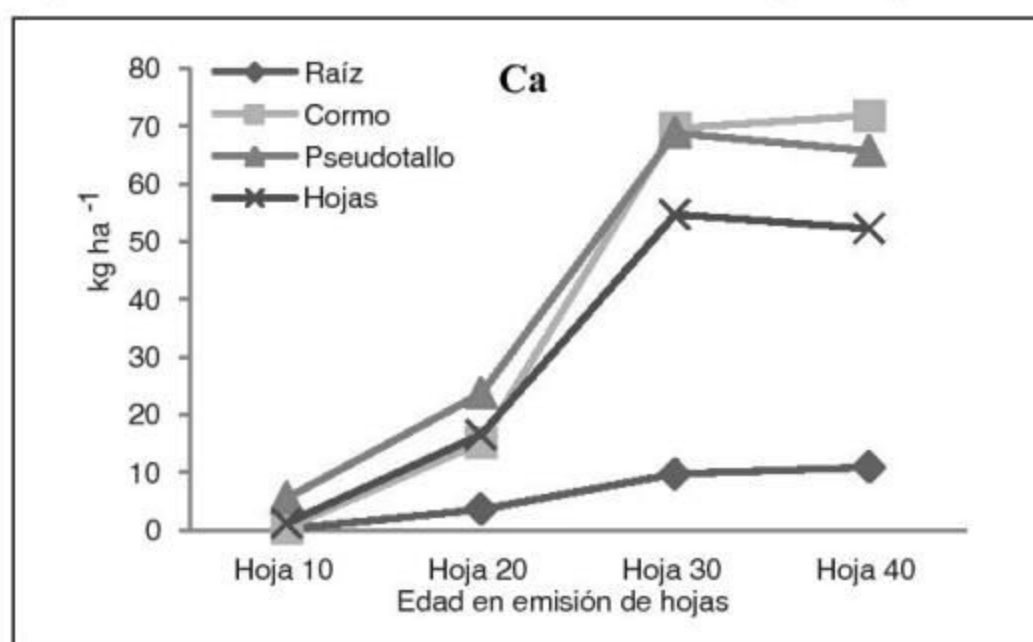


Figura 5. Absorción de calcio en el plátano barraganete.

### Acumulación de magnesio (Mg)

Entre los órganos que mayor cantidad de Mg acumularon están: cormo (39,1 kg ha<sup>-1</sup>), pseudotallo (18,3 kg.ha<sup>-1</sup>), hojas (9,1 kg.ha<sup>-1</sup>) y pulpa (6,2 kg.ha<sup>-1</sup>); mientras que los que menos acumularon fueron: raíz (3,2 kg.ha<sup>-1</sup>), cáscara (2,2 kg.ha<sup>-1</sup>), raquis (0,9 kg/ha<sup>-1</sup>) y bellota (0,4 kg. ha<sup>-1</sup>). La curva de absorción de cada órgano siempre fue ascendente, a excepción de las hojas, en cuyo caso la cantidad absorbida fue menor en la fase de cosecha con relación a la fase anterior (emisión de la hoja 30), que a partir de la emisión de la hoja 30 disminuyó ligeramente debido a que el proceso fotosintético decrece por la senescencia.

Como una de las funciones más importantes del Mg es formar parte de la molécula de clorofila, pigmento responsable de la fotosíntesis, y del color verde de las hojas (IPNI, 2012), se esperaría que la mayor concentración de este elemento se encuentre en este órgano, pero la cantidad sólo constituye el 10% del magnesio presente en la planta (UNAL, 2002), el porcentaje restante se encuentra en los otros tejidos, por ser cofactor de casi todas las enzimas que actúan sobre sustratos fosforilados, por lo que es importante en el metabolismo energético (UNAL, 2002). Esto explica que la concentración del elemento en cormo, pseudotallo y hojas, fuera casi la misma al llegar a la emisión de la hoja 20, pero cuando la hoja 30 se emite, su concentración en las hojas se mantuvo, mientras que en los otros dos órganos se elevó, ya que se necesita el elemento en el órgano que se va a encargar de la descendencia.

La cantidad absorbida de Mg por la planta fue de 78,83 kg.ha<sup>-1</sup> y lo exportado en los dedos y el raquis fue de 9,19 kg.ha<sup>-1</sup>. Los productores generalmente no fertilizan con este elemento ya que la cantidad exportada es muy baja, pero hay que tener en cuenta que el promedio del suelo es bajo (1,2 meq. 100 g<sup>-1</sup>); entonces, es necesario pensar en un programa de reposición de este elemento, donde se pueda ubicar una fracción de la dosis total en el momento de colocar las plántulas en el sitio definitivo, y el resto de la dosis poner antes de la emisión de la hoja 20.

Al sumar la absorción de Mg de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento, se pudo realizar la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo, la cual tuvo un modelo de regresión polinómico cúbico (figura 6). La etapa en la que más Mg absorbe la planta de plátano es entre la emisión de las hoja 20 y 30, representando el 42% del total absorbido por la planta.

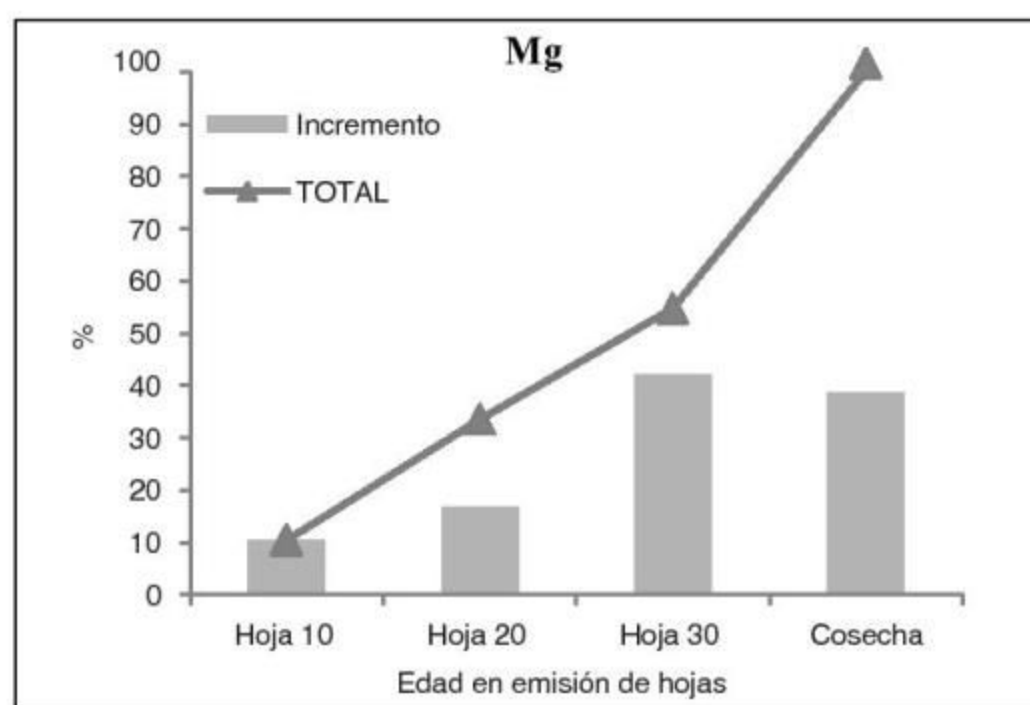
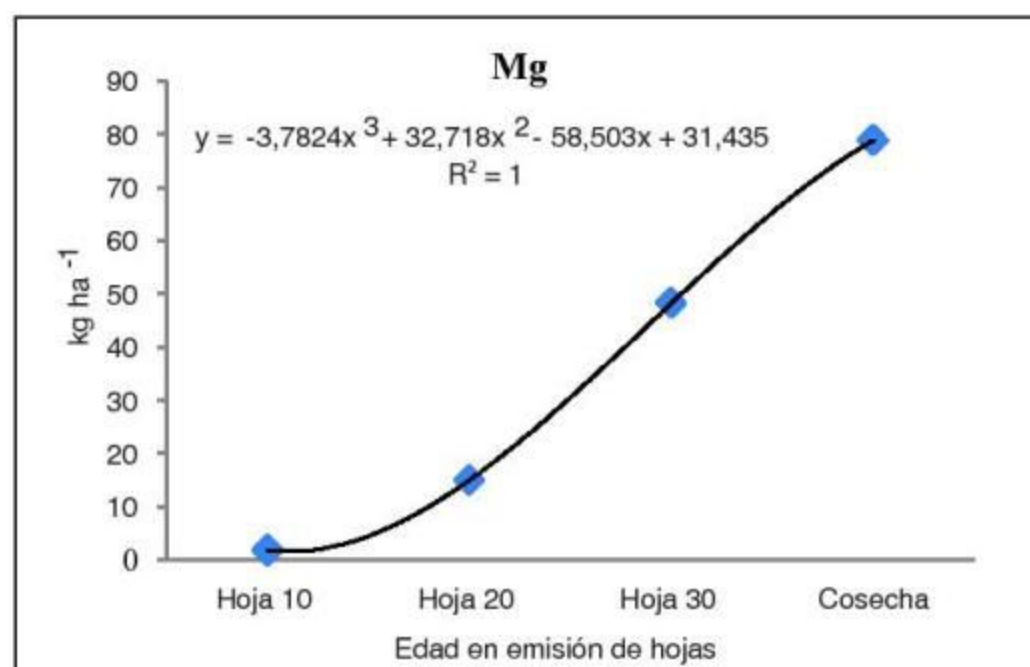
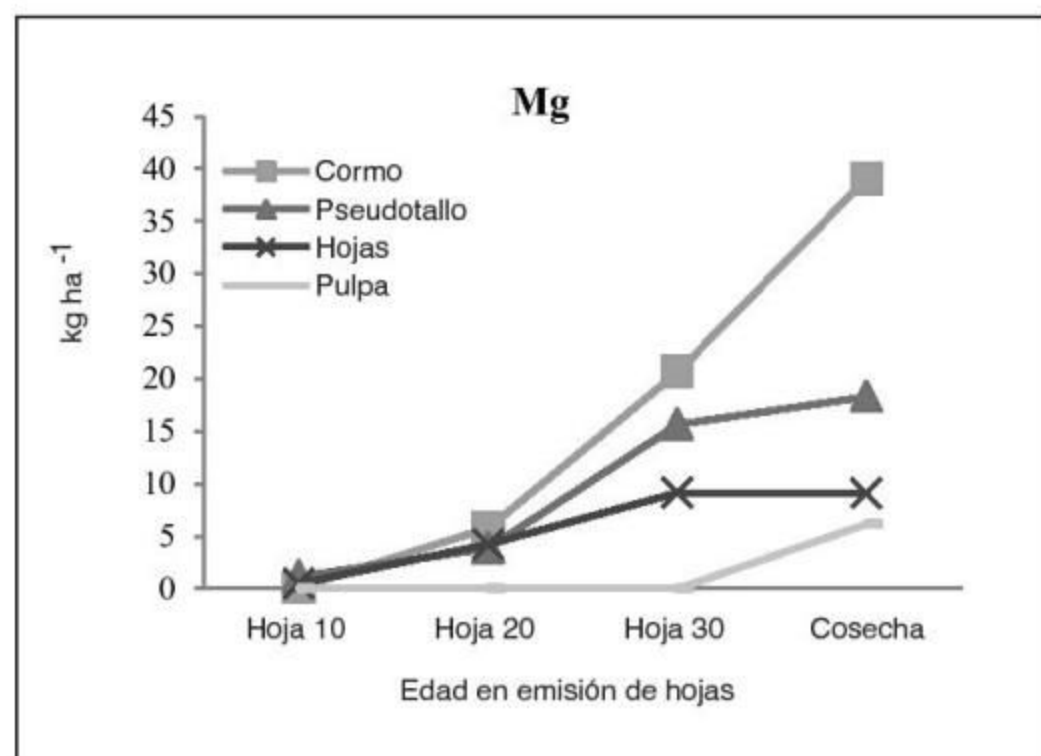
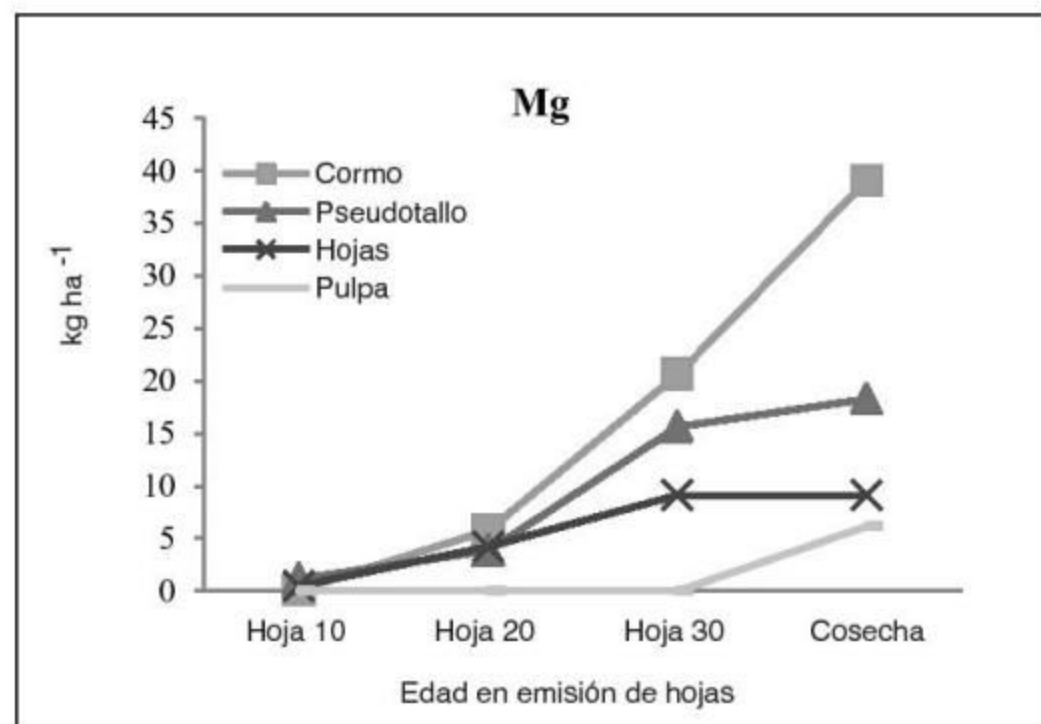


Figura 6. Absorción de magnesio en el plátano barraganete.



### Absorción de azufre (S)

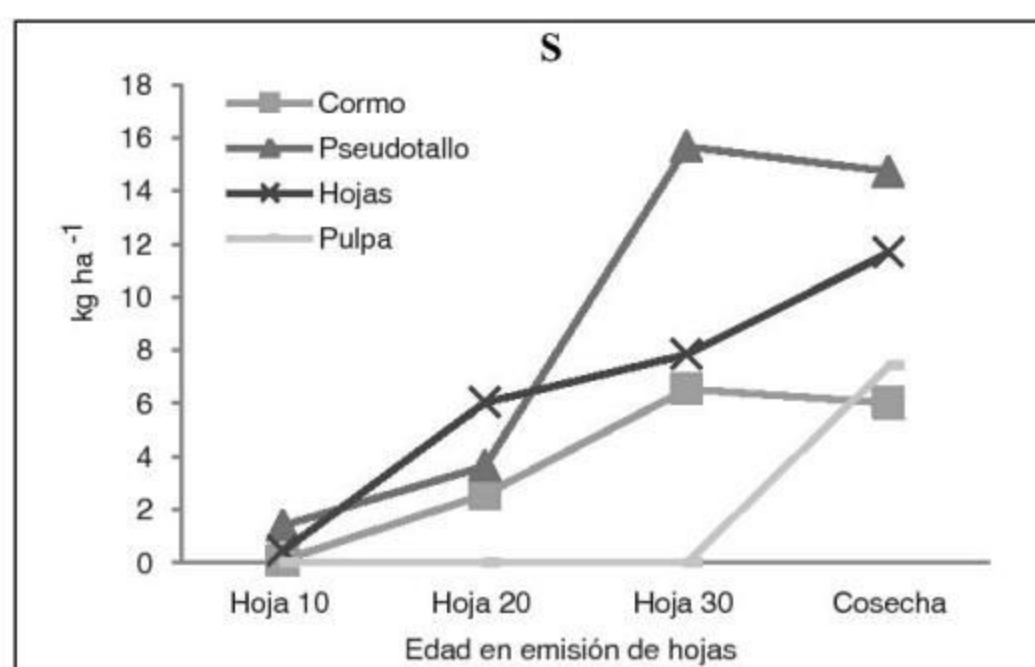
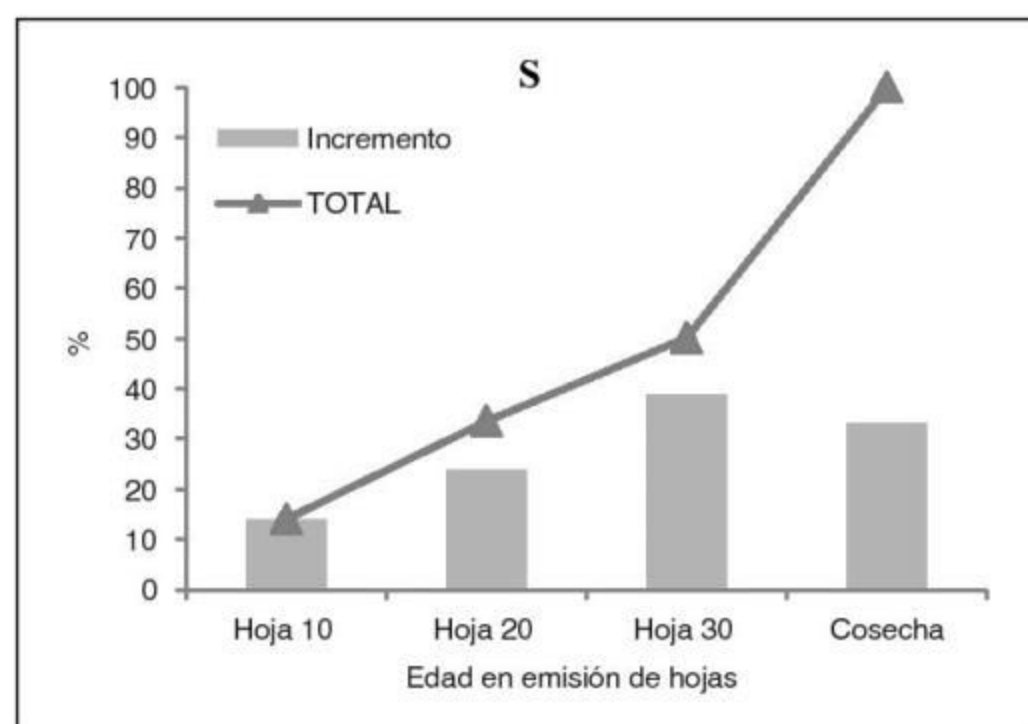
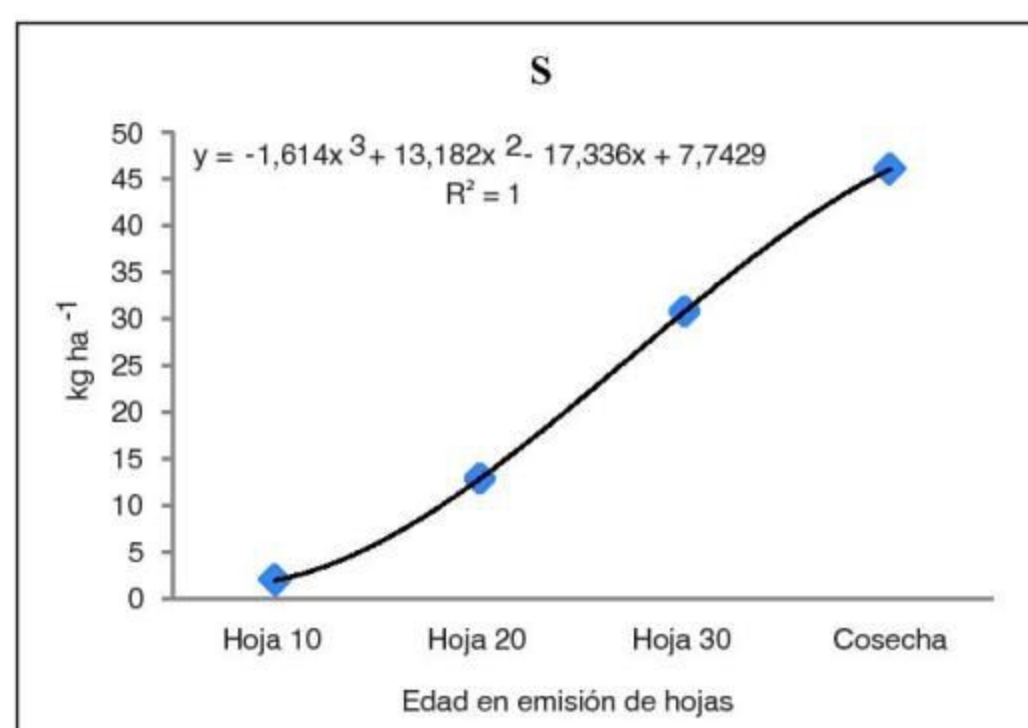
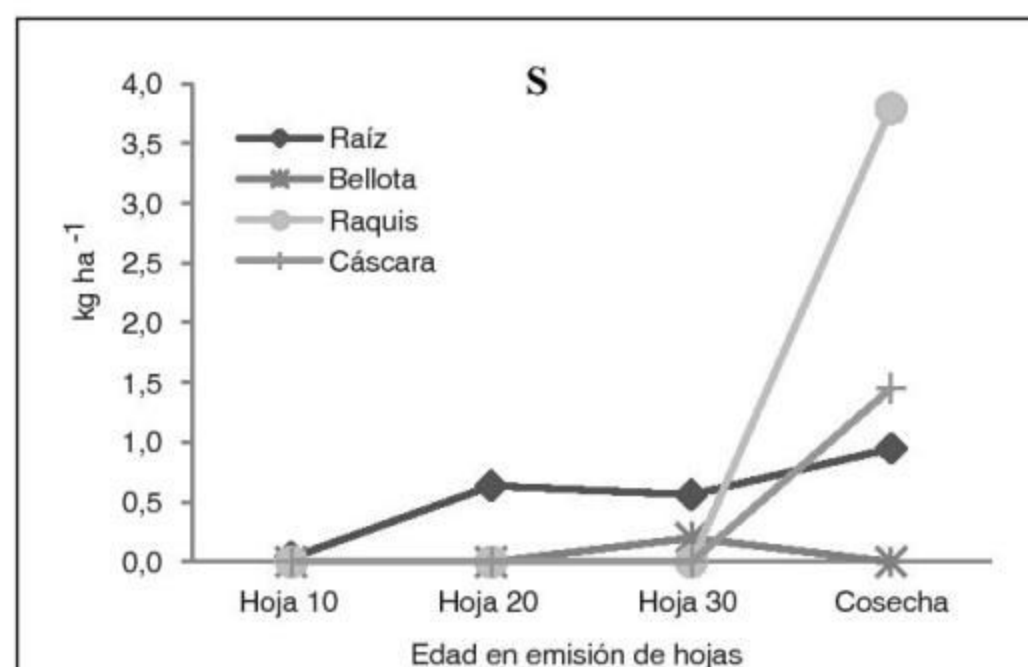
El pseudotallo con 14,7 kg.ha<sup>-1</sup>, las hojas 11,7 kg.ha<sup>-1</sup>, la pulpa con 7,4 kg.ha<sup>-1</sup> y el cormo con 6,0 kg.ha<sup>-1</sup> fueron los órganos que mayor cantidad de S acumularon en sus tejidos; mientras que el raquis con 3,8 kg.ha<sup>-1</sup>, la cáscara con 1,5 kg.ha<sup>-1</sup>, la raíz con 0,9 kg.ha<sup>-1</sup> y la bellota con 0,2 kg.ha<sup>-1</sup> fueron los que lo acumularon en menor cantidad. En la raíz la absorción fue ascendente hasta la emisión de la hoja 20, después disminuyó hasta llegar al punto más bajo en la emisión de la hoja 30, para posteriormente comenzar a ascender otra vez. Este comportamiento es debido a la diferenciación floral que ocurre en el momento del primer pico de absorción, y por el aumento del número de raíces de los hijuelos de sucesión en el segundo pico.

La acumulación en el cormo fue ascendente y sostenida hasta la emisión de la hoja 30, luego disminuyó

ligeramente hasta la cosecha, aunque la concentración todavía se mantuvo alta porque este órgano sirve de reserva de nutrientes para los hijuelos. En las hojas, la acumulación fue sostenida y ascendente sin disminuir en ninguna fase, debido a que el S interviene en los procesos fotosintéticos (IPNI, 2012) y también a que actúa como cofactor o coenzima de varios sistemas enzimáticos (UNAL, 2002).

La cantidad absorbida de este elemento fue de 46,02 kg.ha<sup>-1</sup> y lo exportado en los dedos y el raquis fue de 12,66 kg.ha<sup>-1</sup>. Los productores de esta musácea generalmente no utilizan fertilizantes que contengan S; no obstante, hay unos pocos que lo incorporan en los fertilizantes compuestos, pero sin tomar en cuenta el análisis del suelo y menos la absorción.

En la figura 7 se observa que todos los órganos tuvieron curvas ascendentes, exceptuando el pseudotallo y el cormo, que disminuyen su absorción en la emisión de la hoja 30, debido a la senescencia. También se aprecia que la pulpa absorbió una cantidad considerable de este elemento, debido a que una de las funciones del S es su participación en la estructura de las proteínas, formando parte de los aminoácidos azufrados como la cisteína, cistina y metionina (UNAL, 2002); las musáceas también contienen proteínas, además de los glúcidos muy característicos en ellas. Con la suma de la absorción de S de todos los órganos y en cada una de las etapas de crecimiento se realizó la curva de absorción de todo el ciclo del cultivo, la cual se ajustó al modelo de regresión polinómica cúbica. La etapa en la que más S absorbe la planta de plátano es entre la emisión de las hojas 20 y 30, representando el 40% del total absorbido por la planta.



## CONCLUSIONES

- Los macronutrientes que más requirió el cultivo fueron: K, N, y en menor cantidad, Ca, dejando en un segundo plano a Mg, S y P, por lo que será necesario incorporar estos elementos en los programas de fertilización.
- La exportación de nutrientes para este cultivo fue inferior frente a la absorción, puesto que la gran mayoría de elementos se reciclan en la misma finca mediante procesos de descomposición y mineralización.
- La etapa en la que más N absorbe la planta es entre la emisión de la hoja 30 y la cosecha, mientras que de los otros elementos (P, K, Ca, Mg, S) es entre la emisión de las hoja 20 y 30.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aristizábal, L. & Jaramillo, C. (2010). *Identificación y descripción de las etapas de crecimiento del plátano Dominic Hartón (Musa AAB)*. Revista Agronomía, 18(1), 29-40.
2. Aristizábal, M. (2008). *Evaluación del crecimiento y desarrollo foliar del plátano hondureño enano (Musa AA B) en una región cafetera colombiana*. Agronomía Colombiana, 16(2), 23-30.
3. Belalcázar, S. (2005). *El cultivo del plátano en el Trópico* (1 ed.). Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario.
4. Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos* (Primera ed.): Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
5. Bertsch, F. (2005). *Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización*. Informaciones Agronómicas, 57, 16.
6. Cabalceta, G., Saldías, M. & Alvarado, A. (2005, marzo). *Absorción de nutrimentos en el cultivar de papa MNF-80*. Agronomía Costarricense, 29(3), 107-123.
7. Ciampitti, I. & García, F. O. (2008, febrero). *Requerimientos nutricionales: Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios II. Hortalizas, frutales y forrajeras*. Archivos Agronómicos, 12, 1-4.
8. De Daneri, M. (2011). *Fenología*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales UCES Global Learning and Observations to Benefits the Environment GLOBAL.
9. DeVos, P. (1984). *Crecimiento y desarrollo del pseudotallo y hojas de la planta de banano (Musa sp.): análisis cuantitativo y modelo hormonal*. Universidad Católica de Lovaina.
10. FAO-FAOSTAT. (2012). *Producción de cultivos*, disponible en URL: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
11. Ferraris, G., Coretot, L. & Toribio, M. (2009, septiembre). *Pérdidas por volatilización de N y rendimiento en Maíz*. Informaciones Agronómicas, 43, 19-22.

12. INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO. (1999). *Funciones del fósforo en las plantas*. Informaciones Agronómicas, 36, 9-10.
13. INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. (2012). *Nutri - Verdades No. 6: Las plantas necesitan calcio*. Retrieved Julio, 2012. Disponible en URL: <http://nla.ipni.net/article/NLA-3015>
14. Kant, S. & Kafkafi, U. (2002). *Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos*. Retrieved Julio, 2012. Disponible en URL: <http://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>
15. MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA ACUACULTURA Y PESCA. (2001). *I CENSO PLATANERO*. Portoviejo: MAGAP del Ecuador.
16. Marcelino, L., Gonzáles, V. & Ríos, D. (2004). *El cultivo de plátano en Panamá*. Panamá: Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá.
17. Perdomo, C. & Barbazán, M. (2009). *Nitrógeno*. 2009. disponible en URL: <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
18. Sancho, H. (1998). *Curvas de absorción de nutrimentos: importancia y su uso en los programas de fertilización*. Paper presented at the Seminario Agrícola Internacional. disponible en URL: <http://www.ots.ac.cr/bnbt/15571.html>
19. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2002). *Funciones de los nutrientes minerales*. 2002. disponible en URL: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap03/01\\_09.htm#link1](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap03/01_09.htm#link1)
20. Uribe, M. (2008). "Proyecto para la producción y exportación Platanitos Snack al mercado mexicano". Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
21. Vargas, M. (2010). *Curvas de absorción como herramientas en la fertilización y nutrición en el cultivo del arroz*. Disponible en URL: [http://www.cedaf.org.do/eventos/cfcs\\_2010/presentaciones/05\\_jueves/manana/33p.pdf](http://www.cedaf.org.do/eventos/cfcs_2010/presentaciones/05_jueves/manana/33p.pdf).