

**Curva de absorción de nutrientes del cultivo  
de arroz (*Oryza sativa L.*) variedad Venezuela  
21, en un suelo vertisol bajo condiciones del  
valle de Sébaco, Nicaragua**

**Juan Carlos Amador Mc culloch  
Ivan Enrique Bernal Chacón**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2012

ZAMORANO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Curva de absorción de nutrientes del cultivo  
de arroz (*Oryza sativa L.*) variedad Venezuela  
21, en un suelo vertisol bajo condiciones del  
valle de Sébaco, Nicaragua**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial  
para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el  
Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Juan Carlos Amador Mc culloch  
Ivan Enrique Bernal Chacón**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2012

# **Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua**

Presentado por:

Juan Carlos Amador Mc culloch  
Ivan Enrique Bernal Chacón

Aprobado:

---

Gloria Arévalo, M.Sc  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph. D.  
Director  
Departamento de Ciencia y  
Producción Agropecuaria

---

Carlos Gauggel, Ph, D.  
Asesor Secundario

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Dania Oliva, Ing. Agr.  
Asesor

## RESUMEN

Amador MC Culloch, J.C. y Bernal Chacón, I.E. 2012. Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua. Proyecto especial de graduación del programa de Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 22 p.

Este estudio de curvas de absorción de nutrientes se basó en cuantificar lo que el cultivo de arroz absorbió a lo largo de su crecimiento vegetativo, basándose en la medición de nutrientes totales en los tejidos por cada etapa. El lote 3b de la finca Hierba Buena está ubicado en la empresa San Benito, aproximadamente a 17 km de Sébaco, Nicaragua y consta de 3.15 ha de suelo arcilloso pesado. La base del estudio es determinar la cantidad de nutrientes que absorbe la planta para hacer un ajuste al sistema de fertilización que se tiene para la variedad de arroz Venezuela 21. Se midió las concentraciones de nutrientes a los 15 días después de siembra, 49 DDS, 69 DDS, 84 DDS y 133 DDS, para la elaboración de las curvas se necesitó hacer una caracterización física de suelo en arcillas pesadas que tienen como características de ser arcillas 2:1, con alta capacidad de intercambio catiónico, retención de humedad y retención nutrientes del suelo, un análisis químico antes de la siembra del cultivo que determinó la concentración actual de nutrientes antes del estudio, el potasio fue el elemento que más se absorbió durante el ciclo completo de crecimiento.

**Palabras clave:** Fertilización, macronutrientes, micronutrientes, variedad.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Página de firmas .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Resumen .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Contenido.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	Índice de cuadros, figuras y anexos.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS .....	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	8
4	CONCLUSIONES .....	18
5	RECOMENDACIONES .....	19
6	LITERATURA CITADA.....	20

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Fertilizante aplicado durante el ciclo del cultivo de arroz, variedad Venezuela 21 de la finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	4
2. Descripción física de tres suelos en la finca Hierba buena lote3b, Sébaco, Nicaragua. ....	9
3. Análisis de suelos de la finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	10
4. Cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo de arroz en cada una de las etapas de crecimiento en el lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	11
5. Comparación del consumo de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en Kg/ha. ....	16
6. Relación entre la cantidad de nutrientes aplicados y los aportados por el suelo, en el cultivo de arroz variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, empresa San Benito S.A, Sebaco, Nicaragua. ....	16
Figura	Página
1. Lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	3
2. Materia seca acumulada en el cultivo de arroz variedad Venezuela 21, finca Hierba buena, lote 3b, Sébaco, Nicaragua. ....	10
3. Consumo semanal acumulado de nitrógeno (N) y potasio (K) en Kg/ha para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	11
4. Consumo semanal acumulado de fosforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	12
5. Consumo semanal acumulado azufre (S), hierro (Fe) y manganeso (Mn) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	13

6.	Consumo semanal acumulado de cobre (Cu), zinc (Zn) y Boro (B) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.....	14
7.	Consumo semanal de nitrógeno (N) y potasio (K) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua. ....	14
8.	Consumo semanal de fosforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.....	15
9.	Consumo semanal de azufre (S), hierro (Fe) y manganeso (Mn) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.....	15
10.	Consumo semanal de cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.....	16

Anexo	Página
11. Calicata 1 Finca Hierba buena, lote 3b. Valle de Sébaco, Nicaragua.....	21
12. Calicata 2 Finca Hierba buena, lote 3b. Valle de Sébaco, Nicaragua.....	22

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la producción, el arroz ocupa el segundo lugar en importancia, después del trigo. Es el alimento básico para la mitad de la población mundial. Más de 90% de la producción de arroz se encuentra en Asia oriental y meridional. China e India producen más de la mitad del arroz en todo el mundo, 52.3% de 1999 a 2003 y contienen más de la tercera parte de la población mundial. Brasil es el primer productor no asiático e Italia ocupa el primer lugar europeo (Berlijn *et al.* 2008).

Todos los continentes del planeta producen arroz a excepción de la Antártida; se siembra desde el Ecuador hasta latitudes de 53° norte y 35° a 40° sur; en regiones tropicales hasta alturas de 2400 msnm y su importancia como cultivo alimenticio aumenta conforme crece la población. El problema crucial radica en lograr que la producción de arroz pueda marchar al mismo ritmo del crecimiento de la población. Entre tanto cada vez es más necesario un mayor conocimiento de este cultivo (Chandler 1984).

Las curvas de absorción no constituyen una herramienta de diagnóstico como el análisis foliar porque contribuyen en forma cualitativa a la recomendación de programas de fertilización y permiten conocer la cantidad de nutrimento en kg/ha que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado en un tiempo definido. La cantidad consumida, absorbida o requerida por una planta se obtiene del asocio del peso seco de los tejidos, con las concentraciones de nutrimentos totales presentes en esos tejidos (Bertsch 2003).

Este estudio se puede hacer una vez por ciclo, preferiblemente al final del mismo cuando la absorción ha llegado a su nivel máximo o también donde se pueda contemplar varias etapas asociadas a cambios fenológicos importantes durante el ciclo de vida del cultivo, con lo que se puede elaborar curvas de absorción. Otra manera de realizar este estudio es contemplar la planta entera como un todo o subdividiendo por tejidos. En cualquiera de los casos, es indispensable contar con el rendimiento comercial obtenido para ese cultivo que pueda ser asociado a ese consumo (Bertsch 2003).

El arroz se adapta a diversas condiciones de suelo; sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: pH 6.0 – 7.0, buen contenido de materia orgánica, mayor a 5%, buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla, mayor a 40%, topografía plana, capa arable profunda mayor a 25 cm y buen drenaje superficial (INIAP 2007).



Los suelos arcillosos cumplen con estas características y están constituidos por arcillas expansivas o arcillas 1:1 en muchas zonas del sureste asiático, América del Sur y África, con alto índice de expansión lineal, alta retención de humedad y nutrientes. Tienen potencial alto de producción si se maneja bien el riego, drenaje y fertilización. La labranza es difícil dado a su alta adhesividad, plasticidad y contenido de humedad. Con enmiendas son propicios para el cultivo de arroz bajo inundación y con riego y drenaje adecuado para la producción de maíz, sorgo y soja (Arévalo y Gauggel 2011).

Muchos de estos suelos son vertisoles que se refieren a la constante rotación interna de los materiales del suelo. Estos suelos cubren 335 millones de hectáreas en todo el mundo. Se estima que 150 millones de hectáreas es el potencial de tierras de cultivo. Vertisoles en los trópicos cubren unos 200 millones de hectáreas y una cuarta parte de esto es considerada tierra útil (FAO 2006).

Los objetivos de este estudio fueron elaborar una curva de absorción de nutrientes en el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21 bajo las condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua; también determinar la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta de arroz durante su ciclo vegetativo y evaluar en cada etapa fenológica del cultivo la cantidad de elementos mayores y menores absorbidos en el ciclo de producción. Con esto, proponer un programa de fertilización acorde a la extracción de nutrientes durante el ciclo de producción.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del área de estudio.** El lote 3b está ubicado en la finca Hierba Buena, aproximadamente a 17 km de Sébaco, Nicaragua, a 445 msnm, la temperatura promedio es de 26 °C con una precipitación anual entre 780- 850 mm, a una latitud de 12°48'43.88"N y longitud de 86°11'51.47"O. El lote 3b consta de 3.15 ha de suelo arcilloso pesado.



Figura 1. Lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

**Cultivo.** El sistema de producción fue por inundación, mediante el uso de insumos, fertilizantes, cosecha mecánica y riego suplementario por gravedad. Este lote estuvo en descanso por 30 años y se rehabilitó a inicios del 2011 mediante mecanización para el manejo de aguas; siendo este estudio el primer ciclo de producción después de la rehabilitación.

La siembra en el lote 3b se realizó el 23 de Enero con una sembradora de arroz, con el método de siembra directa sin mecanización de suelo previa, a razón de 129.87kg/ha de semilla Venezuela 21. Se realizaron cuatro inundaciones para la germinación y se mantuvo una lámina de agua de 10cm con un recambio de agua cada semana a lo largo del cultivo, a los 102 días después de sembrado se quitó el agua y se cosechó a los 133 DDS con una cosechadora combinada.

Cuadro 1. Fertilizante aplicado durante el ciclo del cultivo de arroz, variedad Venezuela 21 de la finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

Fecha	Cantidad Kg/ha	Producto	N	P	K
23/01/2012	97.4	12-30-10	11.68	12.56	8.08
24/02/2012	97.4	46-0-0	44.80	0	0.00
10/03/2012	97.4	46-0-0	44.80	0	0.00
10/03/2012	32.46	0-0-60	0.00	0	16.16
02/04/2012	97.4	46-0-0	44.80	0	0.00
02/04/2012	32.46	0-0-60	0.00	0	16.16
25/04/2012	97.4	46-0-0	44.80	0	0.00
25/04/2012	32.46	0-0-60	0.00	0	16.16
Total de N P K en Kg/ Ha			190.88	12.56	56.56

A los 93 DDS, a los 99 DDS, a los 105 DDS y a los 111 DDS se aplico los productos de cipermetrina a razón de 1025 cc y imidacoprix a razón de 450 gr para las 3.15 hectáreas, que son para el control de la chinche hedionda del arroz *oebalus poecilus*.

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz se divide en tres fases principales: vegetativa, reproductiva y maduración. Para este estudio se definieron cinco etapas fenológicas, en las cuales se realizaron muestreos de tejido vegetal para determinar la absorción de los nutrientes. La etapa uno, denominada la etapa de plántula, abarca desde la siembra hasta antes de aparecer el primer hijo o macollo, la muestra de la etapa uno se extrajo a los 15 DDS. La etapa dos es la etapa de macollamiento o de renuevos que empieza en la aparición del primer hijo o macollo hasta cuando la planta alcanza el número máximo de ellos, o hasta el comienzo de la siguiente etapa, se extrajo la muestra a los 49 DDS. La etapa tres es la etapa de elongación de tallo que empieza en el cuarto entrenudo del tallo principal empieza a destacarse por su longitud, hasta el comienzo de la siguiente etapa, la muestra de la etapa 3 se extrajo a los 69 DDS. La etapa cuatro es la etapa de floración que empieza desde la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera hasta cuando se completa la antesis en toda la panícula, la muestra se extrajo a los 84 DDS. La etapa cinco es la etapa de grano maduro, esta etapa empieza desde la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera hasta cuando se completa la antesis en toda la panícula. La muestra se extrajo a los 133 DDS (INIAP 2004).

**Suelo.** Antes de la siembra se realizó una caracterización física de suelo mediante la apertura de tres calicatas en las siguientes coordenadas, calicata uno, latitud 12°48'43.55"N y una longitud de 86°11'48.23"O, en la calicata dos una latitud de 12°48'44.43"N y una longitud de 86°11'47.35"O, en la calicata tres una latitud de 12°48'44.01" N y una longitud de 86°11'45.81"O, para describir los perfiles de suelos existentes, lo cual se realizó haciendo uso del equipo de descripción de suelo provisto por la unidad de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (E.A.P). En el análisis físico se obtuvieron datos de número de horizontes, profundidad de los horizontes, color, textura, estructura, consistencia, resistencia a la penetración, porosidad, raíces, presencia de piedras y límites de cada horizonte (FAO 2006).

Antes de sembrar se obtuvo una muestra compuesta de suelo para el análisis químico, se camino en zig zag por el lote para extraer las submuestras con una pala de los primeros 30 cm de suelo, se extrajeron 10 submuestras las cuales al final fueron mezcladas uniformemente en una bandeja y así se obtuvo una muestra de suelo representativa del lote. El análisis químico se realizó en el laboratorio de suelos de la E.A.P y comprendió: Reacción del suelo (pH), método 1:1 en agua; materia orgánica mediante el método (Walkley and Black) y nitrógeno estimado como el 5% de esta. Calcio, magnesio, potasio, fósforo, cobre, hierro, manganeso y zinc extraídos con la solución Melich 3, determinados mediante absorción atómica y el fósforo por colorimetría. Boro y azufre extraídos con solución extractora de fosfato de calcio, determinados por colorimetría. (Arévalo y Gauggel 2011).

**Análisis de tejido.** Los análisis de tejido se realizaron a intervalos de tiempo de acuerdo a las etapas fenológicas que se evaluaron. Cada muestreo comprendió la parte aérea de las plantas recolectadas.

se hizo al análisis destructivo de los tejidos para conocer el contenido nutricional, se usó el método de extracción por digestión húmeda con ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno para extraer P, Ca, K, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn y B, determinados por absorción atómica. El P se determinó mediante colorimetría y el N por Kjeldahl (Arévalo y Gauggel 2011).

### **Procedimiento para la realización de una curva de absorción de nutrientes.**

- Se seleccionó la variedad de arroz Venezuela 21.
- Se estableció una parcela en la cual se identificaron cuatro sub parcelas de 1m<sup>2</sup> cada una, donde se extrajeron todas las plantas existentes en 400 cm<sup>2</sup> en cada muestreo.
- Se realizaron muestreos a intervalos de tiempo dependiendo de la etapa fenológica a evaluar.
- En cada muestreo las plantas se extrajeron manualmente ya que estaban sumergidas en agua, sin causar daño en su sistema radicular, luego se lavaron las raíces y se las llevó al laboratorio de suelos y agua de la EAP Zamorano.
- Se separaron las raíces y se las peso.

- Se lavaron las muestras con agua destilada para limpiar material ajeno a la muestra.
- Se pesaron en balanza analítica para obtener el peso de la materia húmeda.
- Se secó al horno a 70°C durante 2 a 3 días dependiendo de la muestra.
- Se pesó en balanza analítica para obtener el peso de la muestra seca.
- Se calculó el porcentaje de humedad usando la ecuación [1].

$$\%W = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad [1]$$

Donde: %W= porcentaje de humedad Pi= peso inicial Pf= peso final.

- Basado en el peso seco se extrapoló la información de biomasa/ hectárea/ etapa fenológica.
- Se molieron las muestras.
- Se analizó el contenido de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B.
- Basado en el resultado de nutrientes en el tejido vegetal, para obtener la cantidad de nutriente acumulado en la materia seca se multiplicó la concentración de nutriente por el peso de materia seca extrapolando al peso de una hectárea, en cada etapa fenológica expresando los resultados en kg/ha.
- Se elaboraron las curvas de absorción de nutrientes expresadas en kilogramos absorbidos por hectárea de cada nutriente.
- Se elaboraron gráficas de barras en las cuales se representó el consumo semanal de nutrientes expresado en kilogramos absorbido por hectárea.

### **Variables determinadas.**

**Contenido de nutrientes.** Las plantas recolectadas en los muestreos fueron sometidas al análisis completo del laboratorio de suelos y aguas de la EAP para con los resultados obtenidos elaborar las curvas y realizar las comparaciones. Para determinar el nutriente extraído en cada etapa del cultivo, se le restó al contenido de nutriente acumulado en cada etapa el contenido de nutriente extraído de la etapa inmediata anterior, ecuación [2] a [6].

$$NAp = NEp \quad [2]$$

$$NEm = NAm - NEp \quad [3]$$

$$NEe = NAe - NAm \quad [4]$$

$$NEf = NAf - NAe \quad [5]$$

$$NEg = NAg - NAf \quad [6]$$

$$NEt = NEp + NEm + NEe + NEf + NEg \quad [7]$$

NAp= nutriente acumulado en la etapa plántula

NEp= nutriente extraído en la etapa plántula

NEm= nutriente extraído en la etapa macollamiento

NAm= nutriente acumulado en la etapa macollamiento

NEe= nutriente extraído en la etapa elongación de tallo

NAe= nutriente acumulado en la etapa elongación de tallo

NEf= nutriente extraído en la etapa floración  
NAf= nutriente acumulado en la etapa floración  
NEg= nutriente extraído en la etapa grano maduro  
NAg= nutriente acumulado en la etapa grano maduro  
NEt= nutriente extracción total

**Diseño experimental.** Estadística descriptiva no aplica para este estudio.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condición física del suelo.** El lote está ubicado en una planicie aluvial del río Viejo, la pendiente es de 4% con una macro topografía levemente irregular, el color del suelo indicó que cuenta con un contenido de materia orgánica de 3-5%, se describieron moteados finos y medios de 2 a 5% de contraste prominente, los moteos son una señal del drenaje pobre que da lugar a una excesiva saturación de agua provocando oxidación. Se encontraron grietas propias de los vertisoles que se abren y se cierran periódicamente, estas grietas estaban ampliamente espaciadas. Presento una textura con agregados de 58% de arcilla 18% de limo y 24% de arena siendo este suelo un vertisol, quiere decir que cumple los requisitos esenciales para la producción de arroz. Presenta alta resistencia a la penetración en los primeros 10 centímetros de suelo debido a que es la parte más expuesta perder humedad por el sol y los vertisoles al secarse se endurecen. La estructura es de bloques angulares presente en los primeros horizontes, consistencia en mojado indica alta plasticidad lo cual complica labores de mecanización (Arévalo y Gauggel 2011) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción física de tres suelos en la finca Hierba buena lote3b, Sébaco, Nicaragua.

calicata	Hor	prof (cm)	color	moteos	Textura	Estructura			Consistencia		RP (kg/cm <sup>2</sup> )	Poros			Raíces		Limite	
						Tipo	Grado	Clase	M	H		Tam	For	Cant	Tam	Cant	Top	Nit
1	Ap	0-10	10YR 2/1 Negro	p	Ar	ba	f	m	f	lpg, pl	3.9	f	t	p	f	m	pl	g
	Cg1	10-52.	10YR 3/1 gris oscuro	n	Ar	ba	d	m	f	pg, lpl	0.4	mf	v	f	mf	m	pl	g
	Cg2	52-70	10YR 3/1 gris oscuro	n	Ar	ba	d	m	fri	lpg, lpl	0.34	mf	t	f	mf	f	pl	g
	Cg3	70-88	10YR 3/1 gris muy oscuro	n	Ar	bsa	md	m	fri	npg, lpl	0.4	f	t	f	mf	p	pl	a
	2C	88-120x	7.5YR 3/2 pardo oscuro	n	FAr	bsa	d	m	mfri	mpg, mpl	0.3	p	t	f				
2	Ap	0-10	10YR 2/1 Negro	p	Ar	ba	f	g	f	npg, pl	1.4	mf	v	f	f	f	p	g
	A	10-25.	10YR 2/1 Negro	p	Ar	ba	d	m	f	npg, npl	1.3	f	t	f	f-m	f	p	a
	Bw1	25-57	10YR 2/2 pardo muy oscuro	n	FAr	bsa	m	g	m	lpg, npl	1	mf	t	f	m-mf	p	p	g
	C	57-84x	7.5YR 3/3 pardo oscuro	n	FAr	bsa	d	mg	fri	lpg, pl	0.5	f-m	v	p	tm	f		
3	Ap	0-20	7.5YR 3/1 gris muy oscuro	p	Ar	ba	mf	mg	mf	pg	1.9	mf	t	f	f	p	p	d
	Cg	20-56	7.5YR 3/1 gris muy oscuro	n	Ar	ba	f	g	mf	npg, pl	0.7	mf	t	f	mf	p	p	g
	2C1	56-75	7.5YR3/2 pardo oscuro	n	Ar	ba	mf	g	f	pg, pl	0.5	f	t	f			p	a
	2C2	75-120x	7.5YR 3/4 pardo oscuro	n	Ar	ba	m	g	fri	pg, pl	0.4	f	t	p				

**Abreviaturas:** hor: horizonte, **prof**= profundidad, **Moteos:** p: pocos, n: nulos, **Textura:** Ar= arcilloso, FAr= franco arcilloso, **Estructura:** **Tipo:** ba= bloques angulares, bsa= bloques subangulares, **grado:** f= fuerte, d= débil, m= moderado, **Clase:** m= medianos, g= gruesos, mg= muy gruesos, **Consistencia:** H= húmedo, M= mojado, **RP**= resistencia a la penetración, **Poros:** **tamaño:** t= todos los tamaños, mf= muy finos, f= finos, **Forma:** p= planares, v= vesiculares, t= tubulares, **Cantidad:** a= ausentes, p= pocos, f= frecuentes, m= muchos, **Raíces:** **tamaño:** f= finas, mf= muy finas, **Cantidad:** m= muchas, f= frecuentes, p= pocas, a= ausentes, **Limite:** **topografía:** p= plano, o= ondulado, i= irregular, **Nitidez:** a= abrupto, g= gradual, d= difuso.



**Condición química del suelo.** El análisis químico realizado reporta un pH ligeramente ácido, en este rango todos los elementos son disponibles, el azufre es bajo como en todos los suelos minerales, el potasio fue interpretado por saturación de bases como bajo pero los resultados de absorción determinan que este elemento fue muy disponible para el cultivo (Arévalo y Gauggel 2011) ( Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de suelos de la finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

# Lab.	Muestra	Textura	Arena	Limo	Arcilla (H <sub>2</sub> O)	M.O.	N <sub>total</sub>	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	
12-S-097	Lote Hierb:	Arcilloso	24	18	58	6.25	3.38	0.2	11	262	6200	1500	238	14	9.1	372	275	1.3	0.2

**Producción de biomasa.** La producción de biomasa tuvo un aumento progresivo, la cantidad de biomasa aumentó a medida que el cultivo avanzaba en su desarrollo, el resultado de la curva representa a la planta entera (Figura 2).

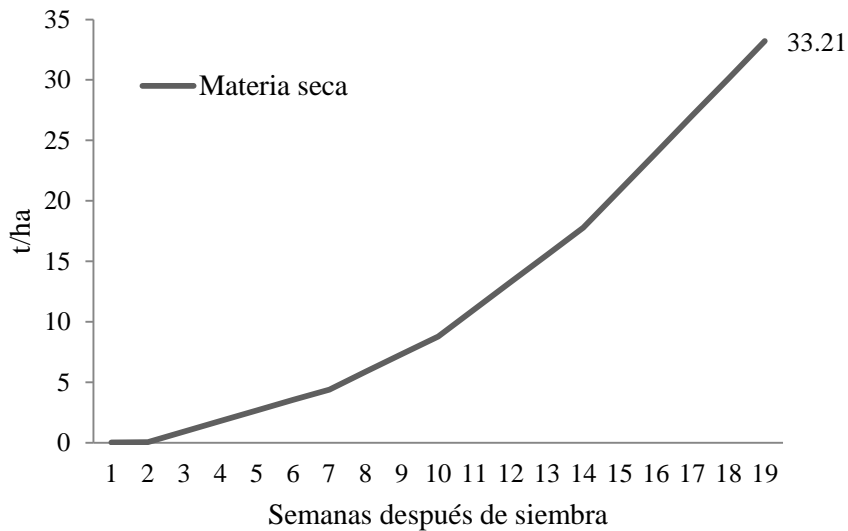


Figura 2. Materia seca acumulada en el cultivo de arroz variedad Venezuela 21, finca Hierba buena, lote 3b, Sébaco, Nicaragua.

Cuadro 4. Cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo de arroz en cada una de las etapas de crecimiento en el lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

Etapa	Kg/ha										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Plántula	1.0	0.1	1.0	0.14	0.07	0.07	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
Macollamiento	68.0	9.0	93.9	9.2	7.0	6.5	0.09	1.84	3.77	0.19	0.02
Elongación de tallo	67.3	10.4	104.2	10.8	6.5	5.0	0.14	0.90	3.94	0.10	0.05
Floración	107.6	19.0	159.0	17.0	13.9	8.4	0.11	2.15	7.03	0.21	0.03
Grano maduro	60.1	32.6	201.0	19.7	22.2	8.8	0.41	4.15	8.83	1.50	0.14
Total	304.0	71.1	559.1	56.8	49.6	28.8	0.76	9.06	23.59	2.00	0.24

**Consumo acumulado de nutrientes.** El nitrógeno y potasio presentaron la mayor absorción en la etapa de macollamiento, el potasio fue absorbido en todas las etapas a diferencia del nitrógeno que no reporta absorción en las etapas de elongación de tallo y grano maduro, el potasio fue el elemento de mayor absorción en el presente estudio (Figura 3).

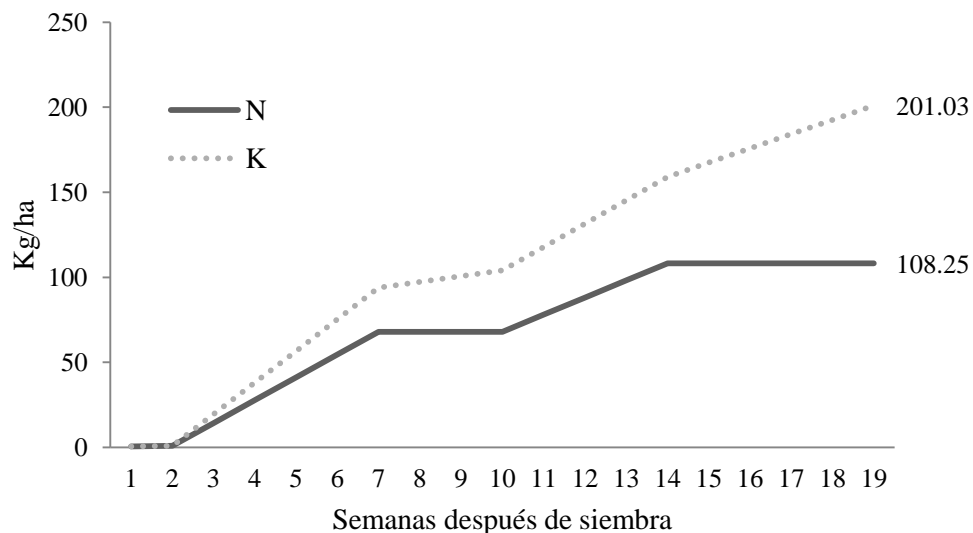


Figura 3. Consumo semanal acumulado de nitrógeno (N) y potasio (K) en Kg/ha para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

El fósforo y calcio presentaron absorción en todas las etapas a diferencia del magnesio que no presentó absorción en la etapa de elongación de tallo. Las etapas de mayor demanda de fósforo fueron macollamiento y grano maduro, las etapas de mayor demanda de calcio fueron macollamiento y floración, las etapas de mayor demanda de magnesio fueron floración y grano maduro (Figura 4).

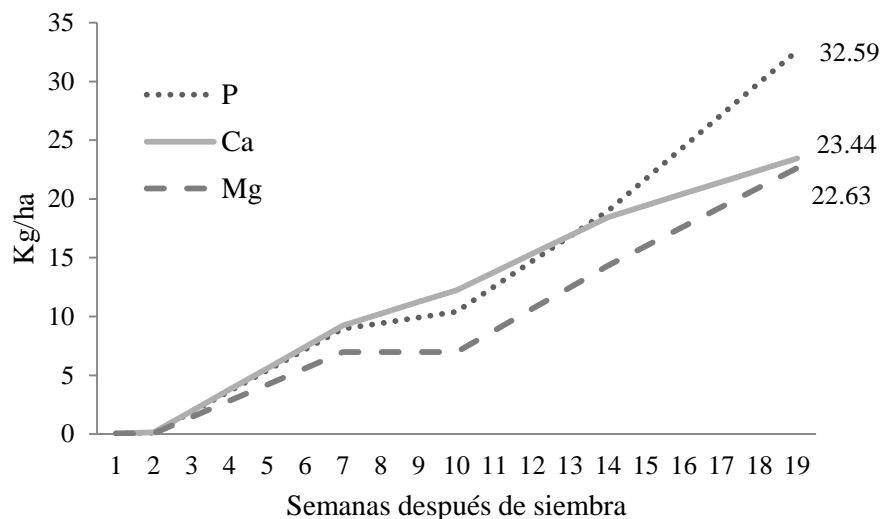


Figura 4. Consumo semanal acumulado de fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

El azufre y hierro no presentan absorción en la etapa de elongación de tallo, el azufre y manganeso reportan su mayor absorción en la etapa de macollamiento. La etapa de mayor absorción de hierro fue grano maduro (Figura 5).

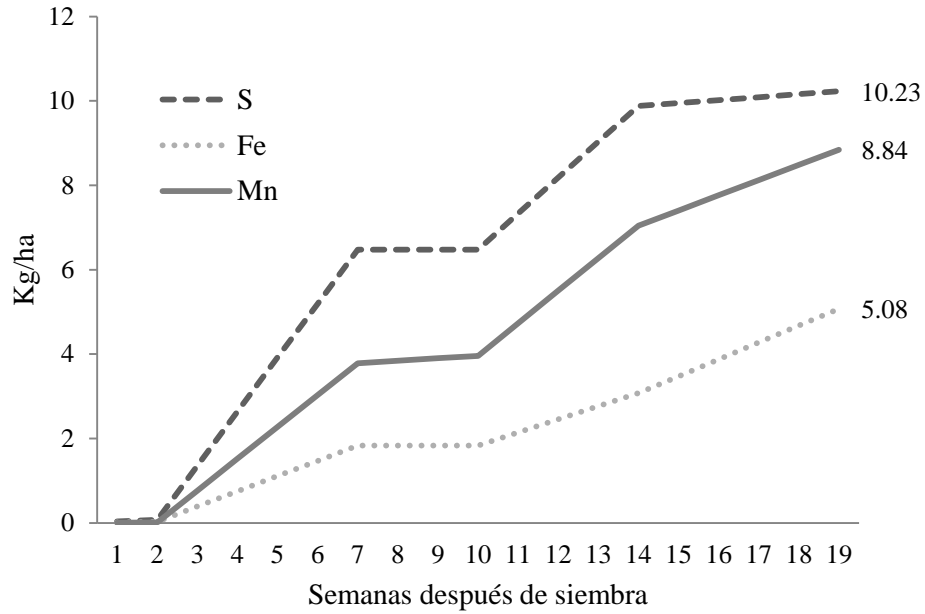


Figura 5. Consumo semanal acumulado azufre (S), hierro (Fe) y manganeso (Mn) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

El cobre y boro no reportan absorción en las etapas de plántula y floración, el zinc no presenta absorción en la etapa de elongación de tallo. La etapa de mayor demanda de estos tres elementos es grano maduro (Figura 6).

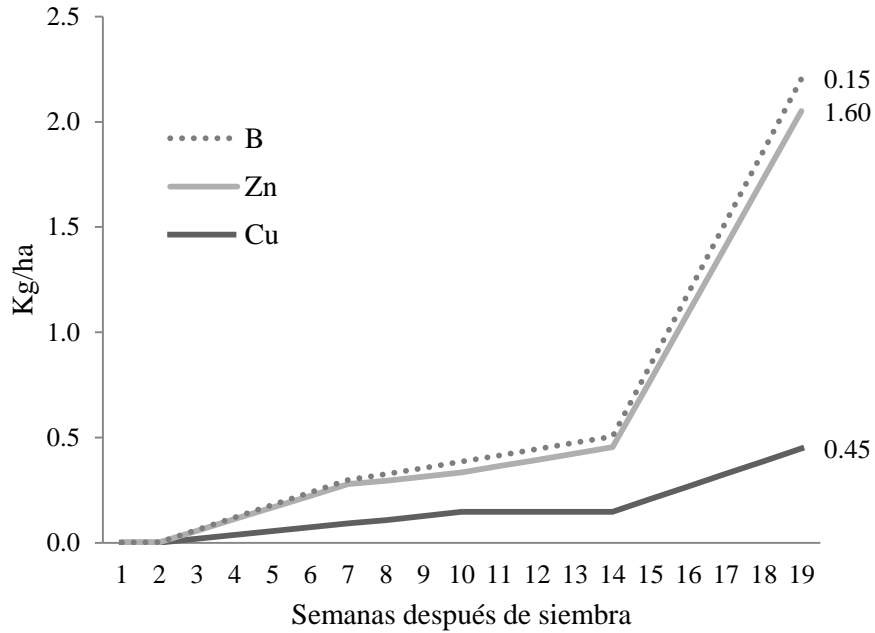


Figura 6. Consumo semanal acumulado de cobre (Cu), zinc (Zn) y Boro (B) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua

**Consumo semanal de nutrientes.**

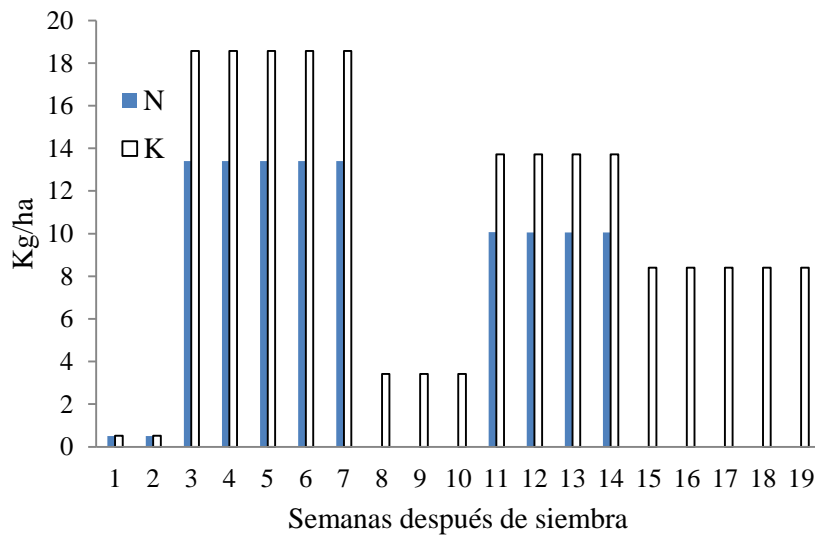


Figura 7. Consumo semanal de nitrógeno (N) y potasio (K) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

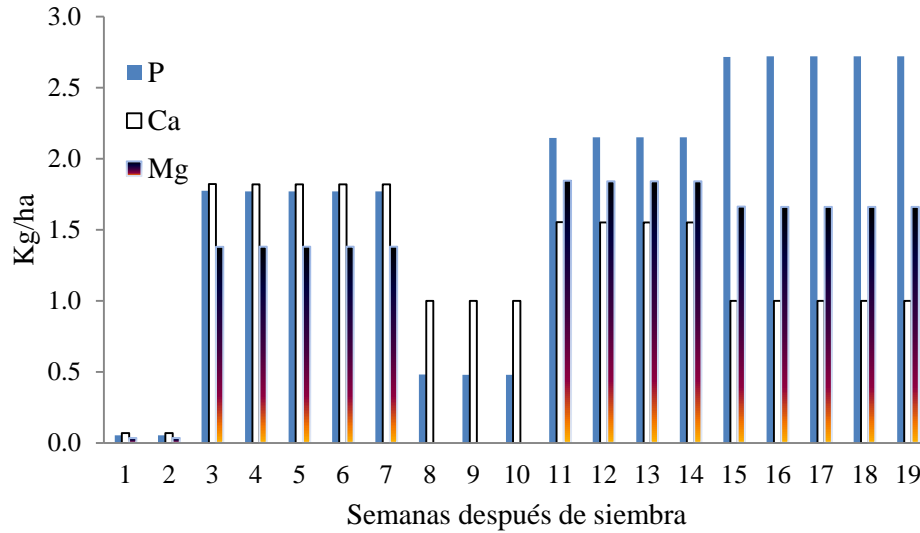


Figura 8. Consumo semanal de fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

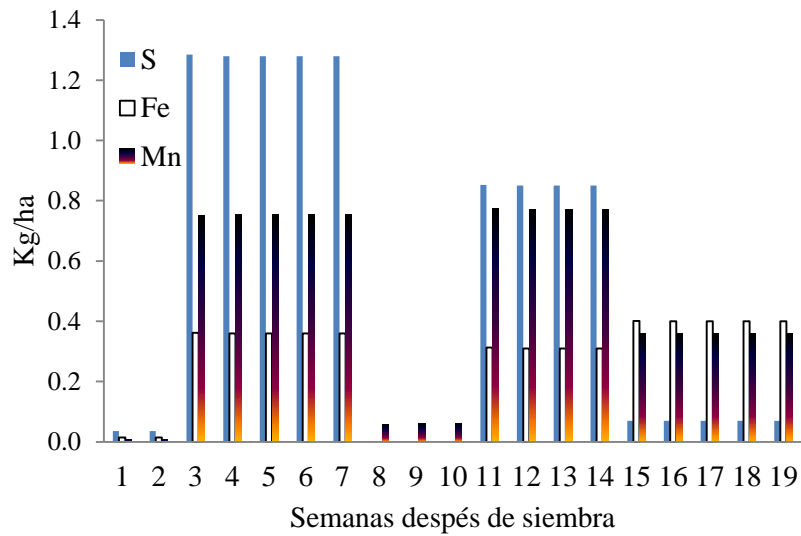


Figura 9. Consumo semanal de azufre (S), hierro (Fe) y manganeso (Mn) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

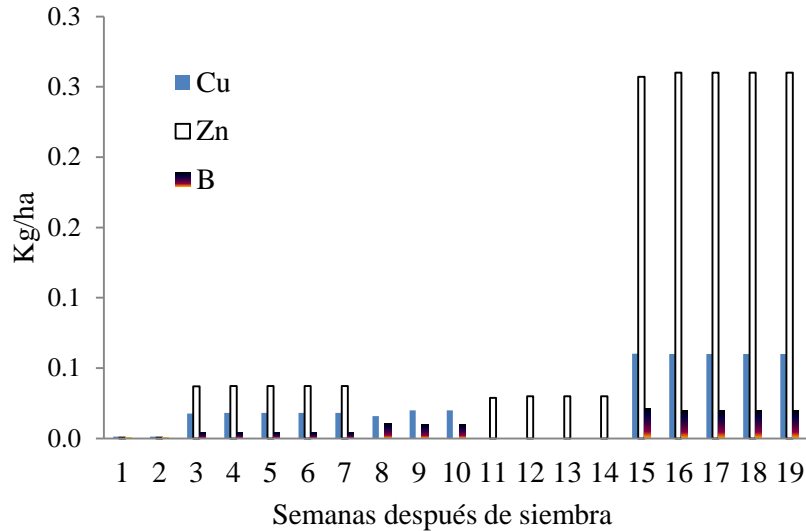


Figura 10. Consumo semanal de cobre (Cu), zinc (Zn) y boro (B) en Kg/ha, para el cultivo de arroz, variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, Sébaco, Nicaragua.

Cuadro 5. Comparación del consumo de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en Kg/ha.

	Consumo Kg/t		
	N	P	K
I.P.N.I (2006)	22.00	4.00	26.00
Bertsch (2003)	20.70	3.40	20.60
Presente estudio	42.57	9.95	78.29

Cuadro 6. Relación entre la cantidad de nutrientes aplicados y los aportados por el suelo, en el cultivo de arroz variedad Venezuela 21, lote 3b, finca Hierba buena, empresa San Benito S.A, Sebaco, Nicaragua.

	Kg/ha		
	N	P	K
Consumido	304.01	71.07	559.14
Aplicado	190.88	12.56	56.56
Aportado por el suelo	113.13	58.51	502.58

Vargas en su investigación reporta que el nitrógeno tiene dos etapas de mayor exigencia que son durante el macollamiento y al inicio de formación, lo cual coincide con este estudio que las etapas de mayor demanda son en las semanas pertenecientes a macollamiento y floración.

Vargas reporta en dos diferentes estudios, que cerca del 85% del fósforo absorbido se trasloca al grano y solo cerca del 15% queda retenido en la paja, en nuestro estudio encontramos que cerca del 25% se queda retenido en la paja y el resto queda en el grano. También reporta que en el caso del potasio al menos el 12% se acumula en el grano y el resto queda retenido en la paja, en nuestro estudio se encontró que cerca del 19% del potasio se va en el grano y el 81% queda retenido en la paja.



#### **4. CONCLUSIONES**

- La cantidad de nutrientes absorbidos por el cultivo de arroz variedad Venezuela 21 por tonelada de grano producido en la finca Hierba buena lote 3b, en el valle de Sébaco, Nicaragua fue nitrógeno 43 Kg, fosforo 10 Kg y potasio 78 Kg.
- El elemento que más absorbió la planta fue el potasio, en todas las etapas fenológicas.
- El programa de fertilización para suplir los requerimientos de N P K de la variedad Venezuela 21 por tonelada de grano, usando los fertilizantes disponibles en la finca Hierba buena es de 77 kg de 12-30-10, 72 kg de 46-0-0 y 144 kg de 0-0-60.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Implementar el uso de fertilizantes que contengan elementos menores, ya que estos son importantes para el buen funcionamiento del metabolismo de las plantas y así al aplicarlos se obtendrán mejores rendimientos.
- La paja de arroz debe ser incorporada por su gran contenido de potasio para que aporte este elemento al siguiente ciclo de producción, sin dejar de aplicar fertilizante que contenga este elemento porque para que el potasio contenido en la paja sea disponible esta primero tiene que descomponerse

## 6. LITERATURA CITADA.

A. Ciampitti y O. García. 2006. Requerimientos Nutricionales. Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes secundarios. International Plant Nutrition Institute. Consultado 15 de septiembre 2012. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05)

Arévalo, G. y Gauggel, C. 2011. Manual de laboratorio de suelo y agua. Tercera edición. Francisco Morazán. Honduras. 109p.

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 307p.

CENIAP. 2004. Venezuela 21: Nueva variedad de arroz de riego, consultado el 8 de octubre del 2012. Disponible en [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/Divulgativo\\_Ceniap/var21arr.html](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/Divulgativo_Ceniap/var21arr.html)

FAO. 2006. Rice in the Tropics: A Guide to the Development of National Programs. United States. Westview Press. 249p.

INIAP, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 2007. Manual del Cultivo de Arroz. Guayaquil. Ecuador. Manual No. 66. 2da. Edición. 158p.

Manuales para educación agropecuaria. Arroz basado en el trabajo de David B. Parsons. 2008 Mexico. 2da. Edición. Editorial Trillas 71p.

Padilla, Andrés. 2007. Curvas de absorción de nutrientes de la rosa variedad Rockefeller bajo condiciones de macrotúnel en la empresa Agroganadera Espinosa-Chiriboga, Cotopaxi, Ecuador. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 26 p.

Vargas, M. 2010. Curvas de absorción como herramienta en la fertilización y nutrición del cultivo de arroz. Consultado 12 de octubre 2012. Disponible en [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)

Vargas, M. 2002. Fertilización con cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y curva de absorción de la variedad fedearroz 50, en condiciones de secano favorecido. Consultado 12 de octubre 2012. Disponible en <http://www.conarroz.com/pdf/Proyecto%20de%20ensayo%20de%20niveles%20de%20fertilizacion.pdf>

## 7. ANEXOS



Anexo 1. Calicata 1 Finca Hierba buena, lote 3b. Valle de Sébaco, Nicaragua.



Anexo 2. Calicata 2 Finca Hierba buena, lote 3b. Valle de Sébaco, Nicaragua.