

EFECTO DE LA ALTURA Y EL TIEMPO DE CORTE SOBRE EL CONTENIDO MINERAL DE HOJAS Y TALLOS DE TRES VARIEDADES DE QUINCHONCHO *Cajanus cajan* (L.) Millsp. CON FINES DE ALIMENTACIÓN ANIMAL

Cutting Height and Cutting Age Effect on Minerals in Leaves and Stems of Three Forage Varieties of Pigeon Pea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. to Animal Feeding

Atilio Higuera Moros¹, Obdulio Ferrer¹, Darío Boscán Villalobos², Argenis Canelón², Martín Montiel² y Carmen Castro de Rincón¹

¹Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia, Apartado 15205. Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela.

²Ingeniero Agrónomo egresado de LUZ

RESUMEN

Con el propósito de determinar el efecto de la altura y edad de corte en el contenido mineral de los elementos P, K, Ca, Na, Mg, Zn y Mn, en hojas y tallos de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. con fines de alimentación animal, se evaluaron las variedades forrajeras ICPL-89051, ICPL-87119 y TAC-401. El ensayo se condujo en la Granja Ana María Campos, de la Facultad de Agronomía, de La Universidad del Zulia. Para ello, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas subdivididas y 3 repeticiones. Se evaluaron tres alturas de corte (30 cm del suelo, 2/3 y 1/3 del follaje tomado desde el ápice de la planta) y tres edades de corte (60, 90 y 120 días después de la siembra). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre variedades para los elementos P, K, Mg, Zn y Mn. Se observó una respuesta diferencial en alturas de corte para todos los elementos ($P < 0,01$), a excepción del Na. Todos los elementos variaron en concentración durante las edades de corte, excepto el fósforo, el cual tendió a mantenerse constante. La variedad ICPL-87119 presentó promedios de contenido de minerales superiores a los observados en las variedades ICPL-89051 y TAC-401, excepto para los elementos K y Mn, los cuales fueron mayores en la variedad TAC-401. Se determinó que el mayor contenido de minerales se obtiene al realizar el corte del follaje a los 120 días y a una altura equivalente al 1/3 superior de la planta. De los minerales en estudio sólo P y Mn presentaron niveles que pue-

dan cubrir los requerimientos nutricionales de los rumiantes al utilizar quinchoncho como forraje.

Palabras clave: *Cajanus cajan*, quinchoncho, concentración de minerales, altura y edad de corte.

ABSTRACT

A trial was conducted at Ana María Campos farm from Universidad del Zulia, in order to determine the cutting height and cutting age effect on minerals levels (P, K, Ca, Na, Mg, Zn and Mn) in leaves and stems of three pigeon pea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. varieties (ICPL-89051, ICPL-87119 and TAC-401), used for animal feeding. A split plot statistical design with three replications was used. Three cutting heights (30 cm measured from the soil, one third and two thirds of foliage measured from the plant top) and three cutting intervals (60, 90 and 120 days after planting) were tested. Significant statistical differences were found in all elements ($P < 0.01$) in relation to cutting height, except sodium. All minerals levels were different according to cutting time, except phosphorus. Mineral levels except K and Mn were higher in ICPL-87119 variety than ICPL-89051 and TAC-401. The highest K and Mn levels were found in the variety TAC-401. All minerals levels were superior when pigeon pea varieties were cut 120 days after planting, and also in those harvested one third and two third of foliage, measured from the plant top. Only P and Mn levels can be considered sufficient to cover tropical ruminants nutritional requirements using pigeon pea as tropical forage.

Key words: *Cajanus cajan*, pigeon pea, minerals, cutting height, cutting age.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de las leguminosas es una alternativa lógica de producción en la Planicie de Maracaibo, por ser una fuente económica de proteína. Muchas de ellas han sido poco estudiadas en alimentación de rumiantes y no rumiantes [20, 21] por lo que se desconoce sus atributos particulares y posibilidades de explotación, las cuales no están suficientemente difundidas en Venezuela. El quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp., conocido en otros países como gandul, guandul, frijol de palo, pigeon pea, entre otros, se considera un recurso vegetal no convencional, poco investigado y utilizado en Venezuela principalmente con fines de abastecimiento en la alimentación humana campesina, que lo produce a nivel de conucos y potencialmente utilizable como forraje en la alimentación animal.

El quinchoncho es una leguminosa arbustiva perenne o anual que mide de 0,6 m a 3,6 m de altura, es comestible, de alto valor nutritivo y de fácil producción en zonas marginales para otros cultivos [5]. Recientes investigaciones indican que el quinchoncho pudo haberse originado en una región ubicada entre Egipto y el oeste de África, difundándose desde allí al resto del mundo [1]. A nivel mundial su producción principalmente se concentra en la India, donde se siembra el 85% de la superficie total mundial cercana a los tres millones de hectáreas, seguida de los países de África Septentrional. En ambos casos las condiciones agroecológicas donde se desarrolla el cultivo corresponde a los trópicos semiáridos [1, 2, 10, 13, 14, 16].

Según Ruíz y Febles [15] la utilización de leguminosas como recurso forrajero en la alimentación animal es una alternativa que contribuye al ahorro de insumos tales como la fertilización nitrogenada, disminución en el uso de alimentos balanceados, agua y energía, pudiendo participar en todos los procesos que conllevan a la obtención de alimentos.

En Venezuela existe un escaso conocimiento por parte de productores y agroindustriales acerca del potencial agronómico y el valor alimenticio del quinchoncho, cuyo contenido proteico es del 21% en grano y 18% en forraje [5, 21]. De acuerdo a Clavero [3] las leguminosas arbóreas y/o arbustivas constituyen un reto para la ganadería tropical porque se han convertido en una solución viable que no produce daños al ambiente y sus beneficios son aceptados por los productores al implementar una tecnología económica que se traduce en un incremento sostenido de la producción y en una diversificación de la misma que de acuerdo a Iglesias-Gómez [8], puede relacionarse con el empleo de sistemas silvopastoriles, bancos proteicos y forrajeros. En los actuales momentos el aumento excesivo de los precios de los alimentos balanceados y la carencia de fuentes proteicas económicas, conlleva a pensar en alternativas como el quinchoncho para ser utilizado como sustituto parcial de la soya en la elaboración de alimentos balanceados para aves y cerdos, dada su adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas y su tolerancia a la sequía [5]. Krauss, citado por Johanssen [9] reconoce la importancia de la

altura de corte del quinchoncho. Dicho autor obtuvo de 10 a 20 tn/ha de materia verde cuando cortó entre el primer tercio superior y la mitad de la altura alcanzada por las plantas, las cuales pueden llegar a sobrevivir de 4 a 5 años. Akinola, también citado por Johanssen [9] indica que el rendimiento de materia seca, entre 40 a 50 tn/ha depende de las condiciones de crecimiento del cultivo, de la variedad, y de la altura y tiempo de corte.

Es de suponer que la disponibilidad de macro y micronutrientes por el quinchoncho pudiera variar dependiendo de la variedad cultivada, de las características químicas del suelo y de la altura y edad a las cuales se coseche el follaje, llegándose a producir una disminución del contenido mineral de la planta a medida que aumenta su madurez fisiológica [20]. La TABLA I presenta concentraciones de nutrientes en tejido vegetal de quinchoncho considerando niveles inadecuados, crítico por deficiencias o adecuados para el crecimiento de la planta, reportados en la literatura [6,9], los cuales podrán ser utilizados como referencia. La revisión bibliográfica no reportó información sobre mediciones de los niveles de sodio, en hojas de quinchoncho.

La utilización del quinchoncho como fuente proteica [24] y de la yuca, batata y caña de azúcar como recursos energéticos en la alimentación de las cabras constituye una alternativa que puede sustituir total o parcialmente al alimento balanceado comercial debido a los promedios de producción alcanzados, calidad de la leche producida y la rentabilidad obtenida. El follaje de quinchoncho en porcinos según Trompiz y col. [21] es un recurso fibroso-proteico de buena calidad para ser usado en la alimentación de cerdos sin ocasionar detrimento de las características de la canal, observando que los cerdos alcanzaron el peso final con solamente una semana de retraso, al usar raciones con 24% de harina de follaje de quinchoncho. El mismo autor [22] detectó un efecto significativo de los niveles de sustitución de alimento concentrado por harina de follaje de quinchoncho al medir ganancia total de peso, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y días en alcanzar el peso al mercado, durante la etapa de engorde de cerdos.

El presente estudio pretende determinar el efecto de la altura y tiempo de corte sobre los niveles de macroelementos (fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio) y de microelementos (zinc y manganeso), en hojas y tallos de tres variedades de quinchoncho cortadas a diferentes alturas y edades de corte, con fines de sustitución parcial de soya en la elaboración de alimentos balanceados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

El ensayo se condujo en la Granja Ana María Campos, de la Facultad de Agronomía, de la Universidad del Zulia, ubicada en el Municipio Maracaibo, del Estado Zulia, Venezuela,

TABLA I

CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN TEJIDO VEGETAL DE QUINCHONCHO CONSIDERANDO NIVELES INADECUADOS, CRÍTICO POR DEFICIENCIAS O ADECUADO PARA EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA

Nutriente	Concentración de Nutrientes				
	Inadecuado	Critico	Adecuado	Parete de la planta	Estado de crecimiento
P (%)	0,08	0,10	0,24	Lámina foliar	91 ¹
			0,35-038	Lámina foliar	30 DDS
			0,19-0,28	Lámina foliar	90-100 DDS
K (%)	0,81	0,78	0,12	LEMT ²	Floración temprana
			0,22	LEMT	96 DDS
			1,72	Lámina foliar	91 DDS
Ca (%)	0,13	0,84	1,32	LEMT	Floración temprana
					91 DDS
S (%)			0,16-0,32	LEMT	Floración temprana
Mg (%)	0,26	0,17	>0,26	LEMT	91 DDS
Zn (mg kg ⁻¹)		20-30		LEMT	Tallo completo
Cu (mg kg ⁻¹)	1-10	10	10-12	LEMT	Floración temprana
Mn (mg kg ⁻¹)	<17	18	19-25	LEMT	Floración temprana
Fe (mg kg ⁻¹)	50-69	151	78-300	Tallo completo	Vegetativo
			126	Lámina foliar	91 DDS
			151-191	LEMT	Floración temprana

Tomado de Johansen, C. [9] DDS¹ = Días después de la siembra

LEMT² = Limbo extendido más tierno

en una zona con vegetación de bosque muy seco tropical (10° 33'LN, 71° 43, LO), temperatura media anual de 27,9°C y precipitación media de 471 mm/año. La localidad presenta una topografía plana con pendiente suave, suelo Typic Haplargid, con textura franco arenosa, pH de 6 a 7 y un horizonte argílico subsuperficial que varía de 0 a 45 cm de profundidad [8].

Área experimental

El área total del ensayo fue de 1590 m², dividida en tres repeticiones separadas 3 m una de la otra. El terreno fue preparado haciendo tres pases de rastra en sentido perpendicular a la pendiente, procediendo luego a la siembra de la semilla a una profundidad de 2 a 3 cm. La densidad de siembra fue de 1 m entre hileras y 0,5 m entre plantas y la longitud de cada hilo de siembra fue de 6 m para cada variedad. Cada unidad experimental o parcela estuvo constituida por tres hileras de las cuales la central fue considerada hilera efectiva, con un área de muestreo de 3,5 m² (ocho plantas). Dentro de cada parcela se estableció una separación de 1 m. No se aplicó fertilizante. Se realizó control de malezas con la aplicación del herbicida preemergente glifosato (620 g de i.a./ha) y un control mecánico posterior con escardilla. Para establecer las variedades se

aplicó riego por aspersión durante los primeros 30 días después de la siembra, luego el crecimiento dependió de la incidencia de lluvia. No fue necesario aplicar medida alguna de control de insectos y patógenos.

Factores de estudio y diseño del experimento

Los factores estudiados fueron variedad, altura y edad de corte. Como material experimental se evaluaron las variedades ICPL-89051 e ICPL-87119 provenientes del ICRISAT (India) y la variedad nacional TAC-401 recolectada por el FONAIAP [2,4]. Las alturas de corte fueron realizadas a 30 cm del suelo, a 2/3 y 1/3 superior de la altura de la planta [4, 7]. Los cortes fueron hechos a los 60, 90 y 120 días después de la siembra (edades de corte) [7]. Cada planta se cortó una sola vez cuando alcanzó la edad respectiva para ello. El ensayo se llevó a cabo hasta realizar el corte a los 120 días.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas con tres repeticiones para un total de 27 tratamientos. Las variedades se asignaron a la parcela principal. La altura de corte en la parcela secundaria o subparcela y las edades de corte se consideraron en las sub-subparcelas. El análisis estadístico se

procesó mediante el paquete estadístico SAS [17]. Para comparar los valores promedios se utilizó la prueba de separación de mínimas diferencias significativas (m.d.s.).

Procedimiento

Se estudió como variable respuesta el contenido mineral de P, K, Ca, Na, Mg, Zn y Mn presentes en hojas y tallos de tres variedades cortadas a las tres diferentes alturas y edades de corte a ser evaluadas. La toma de muestras se llevó a cabo cosechando ocho plantas en la hilera central de cada unidad experimental. Para ello se utilizó una regla de 2 m de longitud, la cual fue colocada verticalmente al lado de cada planta, la cual sirvió de guía para cortar las plantas con tijeras de podar a la altura correspondiente y en el momento indicado según la asignación de los tratamientos. El follaje cortado se guardó en bolsas de papel debidamente identificadas y selladas, las cuales luego fueron conservadas bajo refrigeración y posteriormente se colocaron en una estufa a 65 grados centígrados durante 48 horas, hasta alcanzar peso constante. La materia seca se determinó por el método de gravimetría. Posteriormente, se procesaron las muestras molidas y tamizadas, para su posterior análisis de laboratorio. El contenido mineral de dichas muestras fue determinado utilizando los métodos siguientes:

a) Espectrofotometría de emisión o absorción atómica, Perkin-Elmer, modelo 372, la cual permitió determinar concentraciones de K, Ca, Na, Mg, Zn y Mn.

b) Para determinar las concentraciones de P, el cual es un elemento no metal a diferencia del resto de los otros minerales en estudio, se utilizó el método colorimétrico empleando un Spectronic 20.

c) Los resultados de estas mediciones se expresaron para los macronutrientes en porcentaje de materia seca y para los micronutrientes en partes por millón de materia seca. Los valores promedios obtenidos de los minerales se compararon con los establecidos en nutrición de rumiantes [12] como requerimientos mínimos de elementos. Dichos valores expresa-

dos en porcentaje fueron: P = 0,25; K= 0,60; Na = 0,08; Ca = 0,30; Mg = 0,18. Para Zn y Mn, los valores fueron 50 ppm y 40 ppm, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como se observa en la TABLA II, se detectaron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre variedades para los elementos P, K, Mg, Zn y Mn. Las variedades presentaron niveles similares de Na y Ca. Al analizar los valores presentados en dicha tabla, se determinó en relación al comportamiento de las variedades de quinchoncho, que la variedad ICPL-87119 presentó las mayores concentraciones de los elementos P, Mg y Zn. La variedad TAC-401 fue superior en cuanto al contenido de Mn. Con respecto a los elementos Ca y Na, las tres variedades presentaron una concentración similar. En cuanto a los niveles de K las variedades ICPL-89051 y TAC-401 resultaron similares.

Las diferencias que pudieran existir en la capacidad almacenadora de distintas variedades o cultivares que pertenecan a una misma especie creciendo en un mismo suelo y bajo las mismas condiciones de manejo pueden atribuirse al comportamiento fisiológico y las características genéticas de cada una de ellas. Mc Dowell y Rojas [11] han observado para la mayoría de los minerales la existencia de plantas acumuladoras, las cuales contienen niveles extremadamente altos de un mineral específico.

En relación a la altura de corte, se observó la existencia de diferencias significativas para todos los elementos ($P < 0,01$), a excepción del K y Na cuyos valores promedios resultaron similares, tal como indica la TABLA III. Cuando las plantas fueron cortadas a 30 cm de altura solo el contenido de calcio fue superior en comparación con las otras dos alturas de corte. Las concentraciones ($P < 0,01$) de los elementos K y Na resultaron similares para las tres alturas de corte. Al realizar cortes a 1/3 de altura, los contenidos de P, Mg, Zn y Mn fueron superiores a los observados cuando se cortaron las

TABLA II
VALORES PROMEDIOS DEL CONTENIDO DE MINERALES POR VARIEDAD

Variedad	P (%)		k (%)		Na (%)		Ca (%)	
ICPL-87119	0,33 ^a	± 0,0030	0,21 ^b	± 0,0034	0,07 ^a	± 0,0035	0,12 ^a	± 0,0028
ICPL-89051	0,33 ^a	± 0,0030	0,25 ^a	± 0,0034	0,08 ^a	± 0,0035	0,11 ^a	± 0,0028
TAC-401	0,29 ^b	± 0,0034	0,25 ^a	± 0,0039	0,07 ^a	± 0,0040	0,12 ^a	± 0,0031
Variedad	Mg (%)		Zn (mg kg ⁻¹)		Mn (mg kg ⁻¹)			
ICPL-87119	0,004 ^a	± 0,004	22,5 ^a	± 0,3545	131 ^b	± 1,5036		
ICPL-89051	0,003 ^b	± 0,0004	19,6 ^b	± 0,3545	135 ^b	± 1,5036		
TAC-401	0,003 ^b	± 0,0004	20,4 ^b	± 0,4000	153 ^a	± 1,6967		

(a,b): Medias con letras distintas presentan diferencias significativas para la prueba de m.d.s. ($P < 0,01$).

plantas a las alturas de 2/3 y 30 cm. Los valores de concentración de fósforo coinciden con los obtenidos por Velásquez y González [23], quienes indican que la mayor concentración de dicho mineral se encuentra en las hojas más jóvenes, ya que estos órganos son fisiológicamente más activos y sintetizan una serie de compuestos de alta energía que presentan fósforo en su constitución, tales como hormonas y carbohidratos.

Las diferencias en concentración de los elementos para las distintas alturas de corte, posiblemente se deba a la presencia de un mayor volumen de tallos en las plantas cortadas a 30 cm del suelo, al compararse proporcionalmente con las cortadas a 1/3 y 2/3 del ápice de la planta, donde se encuentra lógicamente un menor número de tallos y hojas al igual que material vegetativo en formación y crecimiento.

Analizando el efecto de los diferentes edades de corte cuyos valores promedios se indican en la TABLA IV, se deduce que la concentración de P varió significativamente a través de los 120 días que duró la evaluación. La acumulación total de P se incrementa a través del período de crecimiento del cultivo, pero durante la fase reproductiva ocurre una disminución de las fracciones de P en hojas y tallos debido a su translocación hacia las estructuras reproductivas [7]. Las concentra-

ciones de P en todos los tejidos de la planta disminuyen con la edad, más en los tallos que en las hojas [16, 23]. Patrones similares también son observados en el caso del K en cultivos intercalados y cultivos solos [7].

Independientemente de la edad el contenido de K y Na en el follaje fue similar. El contenido de Mg aumentó a los 120 días, al igual que el de Mn. Los valores de Ca y Zn disminuyeron a los 90 días. La variación de valores podría atribuirse a la diferencia en movilidad de los elementos en la planta [11].

De acuerdo con los resultados obtenidos por Mc Dowell y Rojas [11], a medida que las plantas maduran el contenido de algunos minerales disminuye debido a un proceso natural de dilución y de traslado de nutrientes a las raíces. Durante la ejecución de la investigación, se pudo observar que durante los primeros 30 días, el crecimiento de hojas y tallos del quinchoncho es sumamente lento motivado posiblemente a un mayor desplazamiento del fotosintetizado hacia el crecimiento y desarrollo de las raíces. Durante esta etapa del cultivo, los pelos radicales se asocian con bacterias del género *Bradyrhizobium* que habitan en el suelo formando nódulos a través de los cuales se fija nitrógeno atmosférico [23]. Así mismo, hongos del suelo denominados micorrizas permiten la solubilización y

TABLA III
VALORES PROMEDIOS DEL CONTENIDO DE MINERALES POR ALTURA DE CORTE

Altura de corte	P (%)		K (%)		Na (%)		Ca (%)	
1/3	0,32 ^a	± 0,0051	0,24 ^a	± 0,0070	0,08 ^a	0,0039	0,12 ^a	± 0,0046
30 cm	0,30 ^b	± 0,0043	0,26 ^a	± 0,0059	0,07 ^a	0,0034	0,11 ^b	± 0,0040
2/3	0,27 ^b	± 0,0043	0,21 ^a	± 0,0059	0,07 ^a	0,0034	0,12 ^a	± 0,0040
Altura de corte	Mg (%)		Zn (mg kg ⁻¹)		Mn (mg kg ⁻¹)			
1/3	0,04 ^a	± 0,0009	21,6 ^a	± 0,4287	149 ^a	± 1,3236		
30 cm	0,03 ^b	± 0,0008	18,9 ^b	± 0,3666	138 ^b	± 1,1320		
2/3	0,03 ^b	± 0,0008	22,0 ^a	± 0,3666	131 ^c	± 1,320		

(a,b): Medias con letras distintas presentan diferencias significativas para la prueba de m.d.s. (P<0,01).

TABLA IV
VALORES PROMEDIOS DEL CONTENIDO DE MINERALES POR EDAD DE CORTE

Edad de corte	P (%)		K (%)		Na (%)		Ca (%)	
120 días	0,32 ^a	± 0,0051	0,24 ^a	± 0,0070	0,08 ^a	0,0039	0,12 ^a	± 0,0046
90 días	0,30 ^b	± 0,0043	0,26 ^a	± 0,0059	0,07 ^a	0,0034	0,11 ^b	± 0,0040
60 días	0,27 ^b	± 0,0043	0,21 ^a	± 0,0059	0,07 ^a	0,0034	0,12 ^a	± 0,0040
Edad de corte	Mg (%)		Zn (mg kg ⁻¹)		Mn (mg kg ⁻¹)			
120 días	0,04 ^a	± 0,0009	21,6 ^a	± 0,4287	149 ^a	± 1,3236		
90 días	0,03 ^b	± 0,0008	18,9 ^b	± 0,3666	138 ^b	± 1,1320		
60 días	0,03 ^b	± 0,0008	22,0 ^a	± 0,3666	131 ^c	± 1,320		

(a,b): Medias con letras distintas presentan diferencias significativas para la prueba de m.d.s. (P<0,01).

absorción del fósforo del suelo por parte de las raíces. Esta asociación pudiera ser la causa de una disponibilidad continua de P a través del tiempo, razón por la cual la concentración de dicho elemento permanece estable, al menos durante la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo.

Al analizar los resultados de la interacción variedad por altura de corte presentados en la TABLA V, se detectaron diferencias significativas ($P < 0,01$) en el caso de los elementos P, K, Na, Mg, Zn y Mn. Para el elemento Ca el nivel de significancia fue del 5%.

La variedad ICPL-87119 cortada a 2/3 del extremo superior de la planta presentó valores superiores para los elementos P, Na, y Mg. Dicha variedad, mostró los máximos valores del elemento Zn al ser cortada a 1/3 de altura. El contenido de Ca y Mn fue superior en la variedad TAC-401 cuando fue cortada a 30 cm del suelo, y el K fue superior cuando dicha variedad fue cortada a 1/3 de altura.

Para la interacción variedad por edad de corte, según indica la TABLA VI, se detectaron diferencias significativas para todos los minerales ($P < 0,01$). Cuando la variedad TAC-401 fue

cortada a los 60 días, se observó el mayor contenido de Mn, a los 90 días alcanzó el máximo contenido de Na y a los 120 días produjo la cantidad máxima de K. Las máximas concentraciones de fósforo se observaron al cortar las plantas de la variedad ICPL-87119, a los 60 y 90 días después de la siembra. En dicha variedad, las plantas cortadas a los 120 días presentaron los mayores contenidos de Ca, Mg y Zn. La variedad ICPL-89051 presentó valores altos de K al ser cortada a los 60 días, de Na a los 90 días y de Ca a los 120 días.

Con respecto a interacción altura por edad de corte, el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P < 0,05$) para los elementos Na, Mg, al igual que para los elementos P, K, Ca, Zn y Mn ($P < 0,01$). La TABLA VII permite deducir que el mayor contenido de Mn se obtiene con el corte del 1/3 superior de la planta a los 90 días. Las plantas cortadas a 1/3 de altura y a los 90 días presentaron los mayores niveles de P y Na. En la plantas cortadas a la misma altura y a los 120 días se observó el mayor contenido de Mg. Las plantas cortadas a la altura de 2/3 del extremo superior de la planta y a los 60 días mostraron los mayores niveles de K. A los 120 días para la misma altura el elemento Zn fue superior en su contenido. Las

TABLA V
CONTENIDO DE MINERALES EN LA INTERACCIÓN VARIEDAD POR ALTURA DE CORTE

Variedad	Altura de corte	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)
ICPL-87119	30 cm	0,315 ^b	0,195 ^{fgh}	0,053 ^{efgh}	0,130 ^{abc}
	1/3	0,290 ^{defgh}	0,218 ^{defgh}	0,066 ^{defg}	0,115 ^{bcdef}
	2/3	0,388 ^a	0,240 ^{cd}	0,113 ^a	0,136 ^{ab}
ICPL-89051	30 cm	0,314 ^{bc}	0,223 ^{defg}	0,103 ^{ab}	0,122 ^{bcd}
	1/3	0,231 ^{defgh}	0,257 ^{abc}	0,068 ^{de}	0,114 ^{cdefgh}
	2/3	0,304 ^{bcde}	0,281 ^{ab}	0,077 ^{cd}	0,115 ^{bcdefg}
TAC-401	30 cm	0,293 ^{bcdef}	0,236 ^{cde}	0,064 ^{defgh}	0,146 ^a
	1/3	0,311 ^{bcd}	0,321 ^a	0,093 ^{bc}	0,104 ^{defgh}
	2/3	0,293 ^{bcdef}	0,224 ^{def}	0,068 ^{de}	0,121 ^{bcde}
Variedad	Altura de corte	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	
ICPL-87119	30 cm	0,041 ^{bc}	15,21 ^{gh}	119,15 ^{gh}	
	1/3	0,033 ^{fgh}	27,15 ^a	130,23 ^f	
	2/3	0,047 ^a	25,15 ^b	143,91 ^{cd}	
ICPL-89051	30 cm	0,033 ^{fgh}	21,43 ^{cd}	125,08 ^{fg}	
	1/3	0,041 ^{bcd}	20,13 ^{de}	120,28 ^{gh}	
	2/3	0,042 ^b	17,23 ^{gh}	160,31 ^b	
TAC-401	30 cm	0,040 ^{bcde}	20,07 ^{def}	171,90 ^a	
	1/3	0,036 ^{edf}	18,72 ^{efg}	144,46 ^c	
	2/3	0,035 ^{efg}	22,57 ^c	143,15 ^{cde}	

(a,b): Medias con letras distintas presentan diferencias significativas para la prueba de m.d.s. ($P < 0,01$).

TABLA VI
CONTENIDO DE MINERALES EN LA INTERACCIÓN VARIEDAD POR EDAD DE CORTE

Variedad	Edad de corte	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)
ICPL-87119	60 días	0,334 ^{ab}	0,228 ^{def}	0,082 ^{abcd}	0,126 ^{cd}
	90 días	0,343 ^a	0,201 ^{def}	0,086 ^{abc}	0,102 ^{fgh}
	120 días	0,316 ^{abcd}	0,224 ^{efg}	0,064 ^{defgh}	0,153 ^a
ICPL-89051	60 días	0,293 ^{de}	0,288 ^{ab}	0,077 ^{bcdef}	0,193 ^h
	90 días	0,283 ^{ef}	0,212 ^{efgh}	0,090 ^{ab}	0,113 ^{def}
	120 días	0,278 ^{efgh}	0,261 ^{abc}	0,082 ^{abcd}	0,145 ^{ab}
TAC-401	60 días	0,233 ^{efgh}	0,256 ^{cd}	0,064 ^{defgh}	0,123 ^{cde}
	90 días	0,283 ^{efg}	0,232 ^{cde}	0,097 ^a	0,111 ^{defg}
	120 días	0,329 ^{ab}	0,289 ^a	0,066 ^{defg}	0,137 ^{abc}

Variedad	Edad de corte	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)
ICPL-87119	60 días	0,037 ^{de}	24,41 ^{ab}	133,50 ^{fg}
	90 días	0,034 ^{fgh}	17,14 ^{gh}	135,56 ^f
	120 días	0,050 ^a	25,96 ^a	124,44 ^g
ICPL-89051	60 días	0,038 ^{cd}	20,39 ^{cd}	119,42 ^g
	90 días	0,034 ^{fgh}	19,40 ^{def}	142,97 ^{de}
	120 días	0,043 ^b	19,00 ^{defg}	143,98 ^d
TAC-401	60 días	0,041 ^{bc}	18,96 ^{defgh}	158,42 ^a
	90 días	0,035 ^{efg}	19,89 ^{de}	150,43 ^{ab}
	120 días	0,036 ^{def}	22,39 ^{bc}	150,51 ^c

(a,b): Medias con letras distintas presentan diferencias significativas para la prueba de m.d.s. (P<0,01).

mayores concentraciones de Ca se observaron a los 120 días al cortar a 30 cm del suelo.

CONCLUSIONES

El contenido de minerales en quinchoncho es variable dependiendo de una interacción entre la variedad utilizada, la altura y edad de corte del follaje.

Las variedades evaluadas presentaron un comportamiento diferencial en cuanto el contenido de minerales dependiendo de las alturas y edades de corte.

El contenido de los elementos P, Na, y Mg fue superior cuando la variedad ICPL-87119 fue cortada a 2/3 del extremo superior de la planta. Los máximos valores del elemento Zn se observaron cuando dicha variedad se cortó a 1/3 de altura. Los mayores valores promedios de Ca y Mn fueron alcanzados por la variedad TAC-401 cuando fue cortada a 30 cm del

suelo y el contenido de K fue superior en dicha variedad cuando fue cortada a 1/3 de altura.

Las máximas concentraciones de fósforo se observaron al cortar las plantas de la variedad ICPL-87119, a los 60 y 90 días después de la siembra (hojas más jóvenes). En dicha variedad a los 120 días después de la siembra, se determinaron las mayores concentraciones de Ca, Mg y Zn, probablemente debido a la característica de defoliación presentada por las variedades de quinchoncho en forma natural, similar a un 50%, lo cual les permite proteger al suelo de la erosión por lluvias y retener por más tiempo la humedad del mismo, induciendo la sustitución de material vegetativo en la planta antes de alcanzar dicha edad.

La variedad TAC-401 presentó los máximos contenidos de K, Na y Mn al ser cortada a los 120, 90 y 60 días, respectivamente.

Los mayores contenidos de Na y Mn se observaron con el corte del 1/3 superior de la planta a los 90 días. Las plantas cortadas a 1/3 de altura y a los 90 días presentaron los mayo-

TABLA VII
CONTENIDO DE MINERALES EN LA INTERACCIÓN VARIEDAD POR EDAD DE CORTE

Altura de corte	Edad de corte	P (%)	K (%)	Na (%)	Ca (%)
30 cm	60 días	0,266 ^{fgh}	0,228 ^{def}	0,082 ^{abcd}	0,126 ^{cd}
	90 día	0,325 ^{abc}	0,201 ^{fgh}	0,086 ^{abc}	0,102 ^{fgh}
	120 días	0,328 ^{ab}	0,224 ^{efg}	0,064 ^{defgh}	0,153 ^a
2/3	60 días	0,294 ^{ef}	0,288 ^{ab}	0,077 ^{bcdef}	0,193 ^h
	90 días	0,258 ^{gh}	0,212 ^{efgh}	0,090 ^{ab}	0,113 ^{def}
	120 días	0,278 ^{fg}	0,261 ^{abc}	0,082 ^{abcd}	0,145 ^{ab}
1/3	60 días	0,273 ^{fg}	0,256 ^{cd}	0,064 ^{defgh}	0,123 ^{cde}
	90 días	0,346 ^a	0,232 ^{cde}	0,097 ^a	0,111 ^{defg}
	120 días	0,313 ^{bcde}	0,289 ^a	0,066 ^{defg}	0,137 ^{abc}
Altura de corte	Edad de corte	Mg (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	
30 cm	60 días	0,040 ^{bcd}	21,86 ^{abc}	145,06 ^c	
	90 días	0,033 ^{fgh}	23,39 ^{ab}	127,81 ^{bg}	
	120 días	0,042 ^b	20,29 ^{cdef}	142,25 ^{cde}	
2/3	60 días	0,036 ^f	20,53 ^{bdef}	127,06 ^{gh}	
	90 días	0,034 ^{fgh}	21,74 ^{abcd}	143,65 ^{cd}	
	120 días	0,040 ^{bcde}	23,73 ^a	129,26 ^{gh}	
1/3	60 días	0,041 ^{bc}	21,43 ^{bcde}	138,94 ^{cf}	
	90 días	0,036 ^{fg}	21,19 ^{cdefgh}	156,31 ^a	
	120 días	0,047 ^a	23,39 ^{ab}	152,13 ^b	

(a,b): Medias con letras distintas presentan diferencias significativas para la prueba de m.d.s. ($P < 0,01$).

res contenidos de P. En las plantas cortadas a la misma altura pero a los 120 días se observó la mayor cantidad de Mg.

Las plantas presentaron los mayores niveles de K cuando fueron cortadas a la altura de 2/3 del extremo superior de la planta a los 60 días y de Zn, cuando fueron cortadas a los 120. Las mayores concentraciones de Ca se observaron en las plantas cortadas a 30 cm del suelo y a los 120 días.

De los minerales en estudio solo el P y Mn presentaron niveles que puedan cubrir los requerimientos nutricionales de los rumiantes al utilizar quinchoncho como forraje.

De acuerdo con los resultados, los valores obtenidos de P permiten sugerir que el cultivo de quinchoncho posee una alta capacidad de solubilizar y mantener disponible el P del suelo, mediante un gran volumen de raíces que produce exudados orgánicos a través de las mismas.

Al evaluar los rendimientos de un cultivo o la composición química del mismo, se recomienda la realización de un minucioso análisis de suelo, puesto que los resultados obtenidos pueden ser afectados por deficiencias o excesos de ciertos elementos en la solución de suelo. Así mismo, se debería utilizar como factor de estudio frecuencias de corte en vez de tiempos de corte, a fin de estudiar la persistencia del cultivo a través del tiempo al cortar sucesivamente una misma planta.

AGRADECIMIENTO

Se reconoce la colaboración prestada por el Instituto de Investigaciones Agronómicas y el apoyo y patrocinio recibido por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia en la ejecución de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AKINOLA, J.O.; WHITEMAN, P.C. The agronomic studies of pigeon pea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. field response to sowing time. **Australian Journal of Agricultural Research**. 26: 43-56. 1975
- [2] APONTE, A.; SALAS, M. Descripción de cuatro variedades sobresalientes de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Agronomía Tropical (Ven)** 34(1-3):199-204. 1984.
- [3] CLAVERO, T. **Uso de los árboles forrajeros en la ganadería tropical. Estrategias de alimentación para la ganadería tropical**. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. 101-109. 1998.
- [4] FERRER, O.; HIGUERA, A.; CASTRO, C.; GARCIA, B.; LOPEZ, Y.; SOTO, R.; CARRILLO, G.; MOLLON, M.; URDANETA, J. Efecto de la altura y tiempo de corte sobre la digestibilidad *in vitro*, el valor energético y el contenido de carbohidratos estructurales y no estructurales en hojas y tallos de tres variedades forrajeras de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Inter-ciencia** 21(1): 42-47. 1996.
- [5] FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. **Paquete tecnológico para el cultivo de quinchoncho**. Maracay, Venezuela. (Series Paquetes Tecnológicos). 98 p. 1989.
- [6] HARRICHARAN, H.; MORRIS, J. Mineral content of some tropical forage legumes. **Trop. Agric.** 65 (2):132-136. 1987.
- [7] HIGUERA, A.; CASTILLO, A.; GARCIA, C.; SANDOVAL, L.; LOBO, R. Efecto de la frecuencia y altura de corte sobre el rendimiento y calidad del forraje de diferentes variedades de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)** 15:188-198. 1998.
- [8] IGLESIAS-GOMEZ, J. **Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal en el trópico**. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes, La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. 111-122. 1998.
- [9] JOHANSEN, C. Pigeonpea: Mineral Nutrition. Chapter 9. 209-231. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K. **The Pigeonpea**. CAB International. 1990.
- [10] LOBO, R.; HIGUERA, A. Comportamiento agronómico de 10 variedades de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. en condiciones agroecológicas de un bosque seco tropical. **Rev. Fac. Agron. LUZ**: 13:687-696. 1996.
- [11] Mc DOWELL, L.R.; ROJAS, L. X. Interrelaciones minerales entre suelo-planta-animal. **IV Curso de Producción Tropicales**. Maracaibo, Venezuela. 33-52. 1994.
- [12] Mc DOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. Academic Press, Inc. San Diego, CA. 1992.
- [13] MOETN, I.F. The pigeon pea *Cajanus cajan* (L.) Millsp., a high protein tropical bush legume. **Hortscience** 11:11-19. 1976.
- [14] NORMAN, J.T.; SEARLE, P.G.; INGRAN, K.C.; BASKORO, J.B. 1980. Evaluation of pigeon pea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. as an autumn forage for coastal new, South Wales. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**. 20:55-62. 1980.
- [15] RUIZ, T.; FEBLES, G. **Comportamiento de pastizales de leguminosas durante el período seco en Cuba**. Centro de Transferencia de Tecnología en pastos y Forrajes, La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. 73-83. 1998.
- [16] SANDOVAL, A.J.; ARELLANO, M.L.; CARRANCO, J.M.; PEREZ, R.F.; BALVANERA, P. *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Gandul, recurso forrajero explotable en México. Su composición química. **Turrialba**. Vol. 41 (2)211-216. 1991.
- [17] STATISTICAL ANÁLISIS SYSTEM (SAS). User's guide. Raleigh, NC. U.S.A. 215-230. 1979.
- [18] SHELDRAKE, A.R.; NARAYANAN, A. growth development and nutrient uptake in pigeon pea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Journal of Agricultural Science**. 92:513-526. 1975.
- [19] SOLDEVILLA, M.; SALAS, H.B. Utilización of pigeon pea *Cajanus cajan* products as feed for beef cattle. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**. 62:424-427.
- [20] SPEARS, J. Mineral in forages. In: **Forage quality evaluation and utilization**. ASA, CSSA, SSSA. G. Fahy Jr ed. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- [21] TROMPIZ, J.; VENTURA M.; ESPARZA D.; HIGUERA, A.; PADRÓN, S.; AGUIRRE J. Efecto de diferentes niveles del follaje del quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. sobre las características de la canal porcina. En Imprenta. **Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias**. La Universidad del Zulia. Vol. XI. Nº 5 (Septiembre-Octubre). 2001.
- [22] TROMPIZ, J. Efecto de la sustitución parcial del alimento concentrado por la harina de follaje de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. sobre el comportamiento productivo en cerdos en etapa de engorde. La Universidad del Zulia Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. División de estudios para Graduados. Programa de Producción Animal. Maracaibo, Venezuela. (Tesis de Maestría). 130 pp. 2000

- [23] VELÁSQUEZ, J.L.; GONZALEZ, J.R. Estudio del comportamiento de los elementos estructurales de la parte aérea de plantas de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp., en condiciones de la Planicie de Maracaibo. La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Trabajo de Investigación Agropecuaria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 38 pp. 1997.
- [24] YSACCIS, M. Uso de quinchoncho (*Cajanus cajan*) y diferentes fuentes energéticas en la alimentación de cabras en lactación. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero de Producción Animal. Universidad de Oriente. Núcleo Monagas. Escuela de Zootecnia. 1997.