

EFECTO DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y LA FERTILIZACIÓN CON NPK SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HOJAS DE CHAYA (*Cnidoscopus aconitifolius* ssp. *Aconitifolius*) EN GUATEMALA

Rolando Cifuentes¹ & Ricardo Bressani²

¹Director, Centro de Estudios Agrícolas y Forestales (CEAF), ²Director, Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CECTA), Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala

Resumen

El estudio se llevó a cabo para evaluar el efecto de la humedad del suelo y de la fertilización química sobre la producción de biomasa y composición química de las hojas de Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius*). La evaluación de los niveles de humedad se llevó a cabo a nivel de maceta, en tanto que el estudio de fertilización se llevó a cabo en ensayos de campo. Los ensayos de campo fueron establecidos en el campo experimental agrícola –CampusSur– de la UVG y en la Finca ‘Monte Alto’ (Gomera, Escuintla). Las variables de respuesta incluyeron la producción de biomasa así como el contenido de proteína, cenizas, hierro y zinc. A nivel de maceta se pudo determinar que aunque la producción de biomasa se redujo, la Chaya fue una especie relativamente tolerante a la falta de agua, aún a niveles en los cuales otras especies podrían morir. El contenido de proteína, cenizas, hierro y zinc se mantuvo independientemente del nivel de humedad presente en el suelo. A nivel de campo, la Chaya respondió a la aplicación de fertilizante químico, pero el nivel de respuesta dependió de la condición inicial del suelo, la variedad de Chaya y el elemento aplicado. Mayor cantidad de biomasa fue obtenida con la variedad ‘Estrella’ en comparación con la variedad ‘Mansa’. La variedad ‘Estrella’ consistentemente incrementó la producción de biomasa en respuesta a la aplicación de N (400 kg / ha / año) y P (225 kg P₂O₅ / ha / año), en tanto que la variedad ‘Mansa’ no respondió a niveles de N arriba de 30 kg / ha / año así como a la aplicación de P. Ninguna de las dos variedades respondió a la aplicación de potasio debido al nivel inicial de este elemento en el suelo. La aplicación de N incrementó el contenido (base seca) de proteína y redujo el contenido de cenizas, Fe y Zn en las hojas. La aplicación de P y K no influyó significativamente sobre el contenido de proteína, hierro y Zn en las hojas de Chaya. El estudio permitió generar información útil para el manejo agronómico de la Chaya.

Palabras claves: Chaya, *Cnidoscopus aconitifolius*, composición química, fertilización, manejo agronómico.

Abstract

The study was carried out to evaluate the effect of soil moisture and chemical fertilization on the production of biomass and chemical composition of Chaya leaves (*Cnidoscopus aconitifolius*). The evaluation of the soil moisture levels was carried out in a pot experiment whereas the fertilization study was carried out under field conditions. The field trials were established in the Ag experimental station of UVG – south campus and in the ‘Monte Alto’ Farm (Gomera, Escuintla). The response variables included biomass production as well as the protein, ashes, iron and zinc content. At the pot level, it was determined that although the biomass production decreased, Chaya was a specie relatively tolerant to water stress, even at soil moisture levels at which other species could die. The protein, ashes, iron and zinc content remained independently of the moisture level present in the soil. At the field level, Chaya responded to the application of chemical fertilizer, but the response level depended on the initial soil condition, the Chaya variety and the applied nutrient. Higher biomass production was obtained with cultivar ‘Estrella’ as compared to cultivar ‘Mansa’. Cultivar ‘Estrella’ consistently increased the biomass production in response to the application of N (400 kg / ha / year) and P (225 kg P₂O₅ / ha / year), while the cultivar ‘Mansa’ did not respond to N levels higher than 30 kg / ha / year as well as to the application of P. None of the two Chaya varieties responded to the application of potassium because of the initial content of this element in the soil. N application increased the content (dry wt basis) of protein but reduced the content of ashes, Fe and Zn in the leaves. The application of P and K did not influence significantly the content of protein, Fe and Zn in the Chaya leaves. The study allowed to generate useful information for the agronomical management of Chaya.

Key words: Chaya, *Cnidoscopus aconitifolius*, chemical composition, fertilization, agronomic management.

Introducción

La Universidad del Valle de Guatemala ha venido realizando investigación sobre diferentes temas entorno a la Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*) (Cifuentes et.al., 2010; Molina Cruz y Cifuentes, 2001; Cifuentes y Molina Cruz, 2000).

Aparentemente, esta planta fue una fuente importante de alimento para humanos en la cultura Maya en la época precolombina (de Landa, 1982). Actualmente en el país se le utiliza en muy poca escala, por lo que para la mayor parte de la población guatemalteca es una planta desconocida. Sin embargo, en el

área rural de Mesoamérica, particularmente en el sur de México, la planta es todavía utilizada como fuente de alimento (humano y animal) y para propósitos medicinales.

El interés por las hojas de Chaya se debe principalmente a su potencial nutricional.

El mismo es reconocido en varias partes del mundo como Norteamérica (NAS, 1975), el Caribe (Martín et al., 1977), África (Donkoth et al., 1999) y el Sudeste de Asia (Peregrine, 1983). En comparación con otras hojas comestibles, la composición de hojas de Chaya sobresale por su alto contenido de Vitamina C, provitamina A (β - caroteno) y proteína así como por su bajo porcentaje de humedad (Molina Cruz et al. 1997a). El contenido de proteína en base seca es superior al del frijol común (25 %), *Phaseolus vulgaris* L. (NCAP – ICNND, 1961). Aunque contiene glucósidos cianogénicos (como HCN), aparentemente estos son eliminados durante la cocción de los alimentos (Stephens, 2003; Molina Cruz et al. 1997b).

En los últimos años también se ha venido incrementando el interés por la parte medicinal de esta planta mesoamericana (Kuti y Torres, 1996).

Agronómicamente se le reporta como una planta resistente a la sequía, que requiere poco cuidado y que es poco afectada por plagas de insectos y enfermedades (Peregrine, 1983). Sin embargo, eso no ha sido evaluado experimentalmente. Tampoco se conocen estudios sobre la tolerancia de dicha planta a condiciones marginales de suelo.

Los objetivos del presente estudio fueron determinar el impacto de la humedad del suelo y de la fertilización sobre la producción de biomasa y composición química de las hojas de Chaya.

METODOLOGÍA

Ensayo de Humedad

Este estudio se llevó a cabo para evaluar la respuesta de la Chaya a diferentes niveles de humedad del suelo.

Se colectó suelo de los primeros 25 - 30 cm en el área experimental agrícola de CampusSur (UVG), (Santa Lucía Cotz., Escuintla). El suelo fue transportado al campus central de UVG en la ciudad capital, en donde fue secado al aire y posteriormente analizado.

Con base en el análisis físico del suelo se determinó que éste tiene una textura franca, densidad aparente de 0.96 g / cc, capacidad de campo (CC) a 1/3 bar de 37 % y punto de marchitez permanente (PMP) a 15 bar de 21 %. La CC representa la máxima cantidad de agua que el suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad, en tanto que el PMP representa el nivel de humedad abajo del cual la mayoría de cultivos empiezan a marchitarse y morir. En general, esto significa que valores de humedad entre PMP y CC son aprovechables por las plantas.

Se utilizaron las variedades de Chaya 'Estrella' y 'Mansa' y los siguientes gradientes de humedad en triplicado: 33 - 37, 27 - 37, 21 - 37, 14 - 37 y 7 - 37. Esto significa, que cuando el primer tratamiento bajó a 33 % de humedad, se le agregó agua para llevarlo nuevamente a 37 % de humedad, que corresponde a la CC del suelo. Lo mismo se hizo con el resto de tratamientos. Se adicionaron dos tratamientos con un nivel de agua por debajo del PMP.

En el estudio se utilizaron macetas con capacidad para 16 libras de suelo seco.

En el fondo de cada una de las macetas se colocó una capa de grava de aproximadamente 1.5 pulgadas de grosor, para evitar que el agua se acumulara en el fondo de la misma. Posteriormente se sembraron esquejes enraizados de Chaya de aproximadamente 30 cm de longitud y se regó inicialmente hasta ver fluir el agua de drenaje. A partir de ese punto, las macetas fueron pesadas periódicamente hasta alcanzar el nivel adecuado de humedad según los tratamientos. Una vez alcanzado el nivel de humedad, se agregó agua hasta llevar nuevamente cada maceta a capacidad de campo.

El diseño experimental fue un arreglo en parcelas divididas con distribución al azar (Lentner y Bishop, 1986). La parcela grande fue el cultivar de Chaya y la subparcela el nivel de humedad. Las variables de respuesta fueron producción de biomasa, contenido de proteína, cenizas, Fe y Zn. El análisis estadístico consistió en análisis de varianza y el uso de la diferencia mínima significativa (LSD por sus siglas en inglés) como herramienta de separación de medias utilizando el programa MSTATC (Michigan State University, 1989).

Ensayo de Fertilización

Este estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la respuesta de la Chaya (var. 'Estrella' y 'Mansa') a la aplicación de NPK bajo condiciones de campo.

Se seleccionaron dos sitios en el departamento de Escuintla. El primer sitio correspondió a la estación experimental agrícola de CampusSur (UVG), (Santa Lucía Cotzumalguapa) localizado a una altitud de 356 msnm, con temperatura media y precipitación anual de 25 °C y 3,489 mm, respectivamente (CENGICAÑA, 2008). El segundo sitio fue colaboración de finca 'Monte Alto' (Gomera) localizado a una altitud de 157 msnm con temperatura media y precipitación anual de 27 °C y 4,116 mm, respectivamente. En ambos sitios la estación seca tardó aproximadamente seis meses, por lo que hubo necesidad de utilizar riego.

En cada sitio, se tomó una muestra compuesta de los primeros 25 cm de suelo siguiendo un patrón en zig - zag (caminamiento hacia uno y otro lado sobre el terreno). La muestra fue posteriormente enviada al laboratorio para análisis físico y químico. El análisis químico de suelo fue realizado siguiendo procedimientos descritos en Sparks, 1996 (Cuadro 1).

El porcentaje de fijación de P por el suelo también fue determinado siguiendo el procedimiento descrito por Hunter (1980). La fijación media de P fue 85 % y 77 % para los sitios CampusSur (UVG) y Gomera, respectivamente.

El suelo de CampusSur (UVG) es un suelo de origen volcánico (Andisol) (CENGICAÑA, 1996) de textura franca, densidad aparente de 0.96 g/cc, CC de 37 % y PMP de 21 %, en tanto que el suelo Gomera era un suelo reciente (Entisol) (CENGICAÑA, 1996) arenoso franco con densidad aparente de 1.583 g/cc, capacidad de campo de 5.2 % y PMP de 3.14 %.

Los tratamientos de NPK evaluados en el estudio se presentan en el Cuadro 2. Los mismos fueron arreglados de tal forma que un elemento fuera evaluado a la vez (color celeste) mientras el nivel de los otros elementos se mantenía constante. Debido a la estructura de los tratamientos, no se evaluaron las interacciones de NPK. El tratamiento No. 3 también fue utilizado para evaluar P (150 Kg P₂O₅ kg/ha/año) y K (200 K₂O kg/ha/año). Una parcela testigo (sin aplicación de fertilizante) también fue incluida como control. Los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 13 y 14 fueron seleccionados para el análisis de composición química.

Cuadro 1. Características Químicas de los Suelos Utilizados en el Estudio.

Parámetro	SUELO		Rango Adecuado
	CampusSur (UVG)r	Goмера	
pH	6.1	6.5	5.5 – 7.2
Sales (dS/m)	0.11	0.06	0.2 – 0.8
Materia Orgánica (%)	4.3	4.3	2.0 – 4.0
C.I.C.e (meq/100 ml)	5.9	8.7	5.0 – 15.0
Saturación de K (%)	9.2	4.6	4 – 6
Saturación de Ca (%)	78.9	80.5	60 – 80
Saturación de Mg (%)	11.9	14.9	10 – 20
Saturación de Al+H (%)	0.0	0.0	< 20
N-NO ₃ (mg/L suelo)	< 5	< 5	25 – 250
P (mg/L suelo)	29.5	49.3	30 – 75
K (mg/L suelo)	211.9	157.8	150 – 300
Ca (mg/L suelo)	929.5	1406.6	1000 – 2000
Mg (mg/L suelo)	84.4	156.3	100 – 250
Cu (mg/L suelo)	1.8	2.7	1 – 7
Fe (mg/L suelo)	60.8	61.8	40 – 250
Mn (mg/L suelo)	3.3	3.1	10 – 250
Zn (mg/L suelo)	1.4	4.3	2 – 25

Cuadro 2. Tratamientos de NPK Evaluados en los Ensayos de Campo.

Tratamiento No.	Kg / ha / año		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	30	150	200
2	100	150	200
3	200	150	200
4	300	150	200
5	400	150	200
6	200	0	200
7	200	75	200
8	200	225	200
9	200	300	200
10	200	150	0
11	200	150	100
12	200	150	300
13	200	150	400
14	0	0	0

Los tratamientos fueron arreglados en un diseño en parcelas divididas con distribución en bloques al azar (Lentner and Bishop, 1986). La parcela grande fue el cultivar de Chaya (‘Estrella’ y ‘Mansa’) y las subparcelas fueron los tratamientos de fertilización (tratamientos 1 al 14). Cada unidad experimental (UE) consistió de 4 plantas de Chaya. Las dos plantas centrales fueron monitoreadas para producción de biomasa, y las 4 plantas de cada UE fueron monitoreadas para análisis químico (únicamente en el primer corte) de la hoja.

Un mes antes del trasplante, esquejes de cada una de las variedades de Chaya fueron colocados en arena para enraizarlos (Gráfica 1). Posteriormente fueron transportados a cada sitio en donde se abrieron agujeros de 20 – 25 cm de profundidad para colocar cada uno de los esquejes enraizados. Las plantas de Chaya fueron sembradas el 5 / 9 / 2008 en el sitio CampusSur (UVG) y el 10 / 10 / 2008 en el sitio Goмера.

La fuente de fertilizante fue: N = urea (46 % N), P = fosfato monoamónico (10 % N y 50 % P₂O₅) y K = cloruro de potasio (60 % K₂O). El N y el K fueron aplicados 3 veces durante el año, 1/3 parte del nivel en cada aplicación. El 100 % del nivel de P fue aplicado con la primera fertilización.

El fertilizante fue aplicado a mano a una distancia de 20 – 25 cm del tallo del arbusto. Como se puede apreciar en la Gráfica 2, el suelo fue removido alrededor de cada arbusto, luego se aplicó el fertilizante y por último el fertilizante se cubrió con el suelo removido.

Gráfica 1. Ejemplo del material de Chaya utilizado en los ensayos de campo establecidos en CampusSur (UVG) y Goмера.



La fertilización de Chaya en CampusSur (UVG) se llevó a cabo el 29 de enero, el 13 de mayo y el 7 de agosto de 2009, en tanto que en el sitio Goмера, la fertilización se realizó el 11 de febrero, el 27 de mayo y el 27 de agosto de 2009. Una aplicación foliar con quelato de Zn y Mn también se aplicó a las nuevas hojas después de realizado el primer corte en ambos sitios.

La biomasa fue colectada manualmente tres veces a lo largo del estudio. Durante la primera cosecha (6/5/2009 en CampusSur (UVG) y 21/5/2009 en Goмера) se colectaron únicamente hojas, mientras que en la segunda (1/7/2009 en CampusSur (UVG) y 24/7/2009 en Goмера) y tercera cosechas (8/10/2009 en CampusSur (UVG) y 15/10/2009 en Goмера) las plantas también fueron podadas a una altura de aproximadamente 1.2 metros.

Gráfica 2. Ejemplo del procedimiento de fertilización utilizado en los ensayos de campo.



Únicamente durante el primer corte se colectaron muestras adicionales de hoja (hojas 3, 4 y 5 de la punta a la base del cogollo) y transportadas al laboratorio para análisis químico. En el laboratorio, las hojas fueron secadas con aire a 75 °C, molidas y almacenadas en recipientes de vidrio hasta su análisis para nitrógeno (método del micro-kjeldahl), ceniza, Fe y Zn (AOAC, 1984).

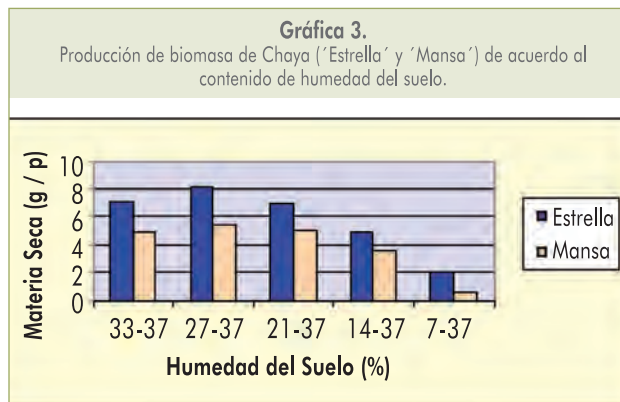
El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza por sitio, un análisis combinado y LSD como mecanismo de separación de medias utilizando MSTATC (Michigan State University, 1989).

RESULTADOS

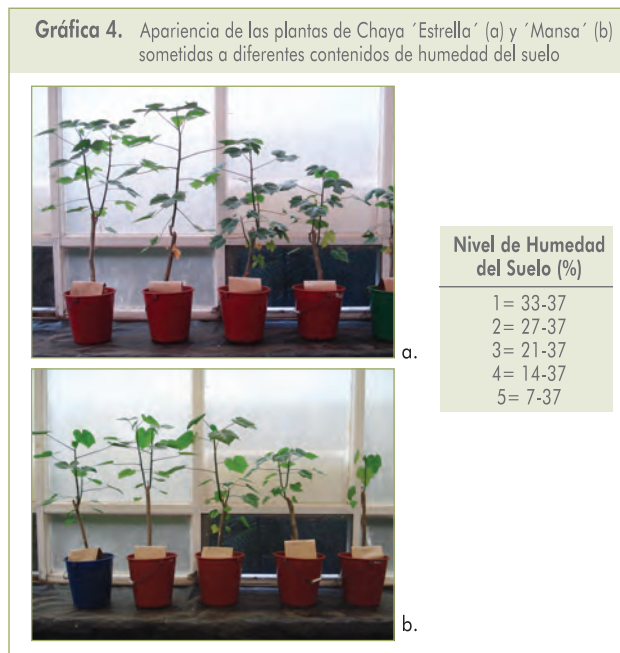
Ensayo de Humedad

a) Producción de Biomasa

La producción de biomasa (Gráfica 3) se redujo significativamente ($p < 0.05$) con la reducción del nivel de humedad del suelo. Niveles de humedad abajo del PMP resultaron con los rendimientos más bajos. Aunque el rendimiento de Chaya 'Estrella' fue mayor que el de Chaya 'Mansa', la reducción de biomasa fue independiente del cultivar de Chaya.



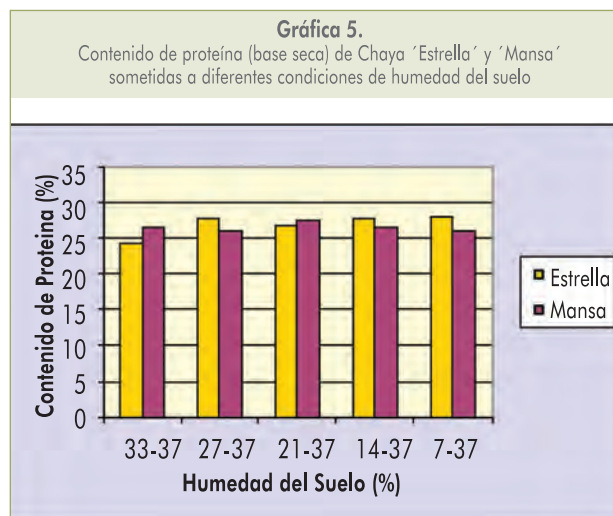
La apariencia de las plantas sometidas a diferentes niveles de humedad del suelo se presenta en la Gráfica 4.



b) Composición Química

El contenido de humedad del suelo no influyó en el contenido, en base seca, de proteína, cenizas, Fe y Zn en las hojas de Chaya (Gráfica 5 y Cuadro 3) ($p > 0.05$). Tampoco se encontró un efecto del cultivar de Chaya sobre los

parámetros evaluados ($p > 0.05$), por lo que los datos de cenizas, Fe y Zn se presentan como un promedio de los dos cultivares de Chaya. El contenido de humedad de las hojas de Chaya fue similar entre tratamientos ('Mansa' = 82 - 85 % y 'Estrella' = 80 - 84 %)



Cuadro 3. Contenido (base seca) de cenizas, Fe y Zn en hojas de Chaya de acuerdo al contenido de humedad del suelo.

Humedad del Suelo	Cenizas (%)	mg / 100 g	
		Fe	Zn
33 - 37	9.1 a ¹	11.6 a	6.4 a
27 - 37	9.6 a	12.6 a	6.6 a
21 - 37	8.8 a	9.8 a	5.7 a
14 - 37	9.0 a	13.7 a	5.3 a
7 - 37	nd	nd	nd

nd = No determinado por insuficiente muestra

1 = Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($p > 0.05$)

Ensayo de Fertilización

a) Producción de Biomasa

Se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre sitios, cultivares de Chaya y tratamientos de fertilización en la mayor parte de los cortes de biomasa. En promedio, la aplicación de fertilizante incrementó significativamente el rendimiento y el crecimiento de Chaya comparado con el control (Gráficas 6 y 7). El incremento de rendimiento fue estadísticamente superior en el cultivar 'Estrella' en comparación con el cultivar 'Mansa', y rendimientos mas altos fueron obtenidos en el CampusSur (UVG) comparado con el sitio Gomera.

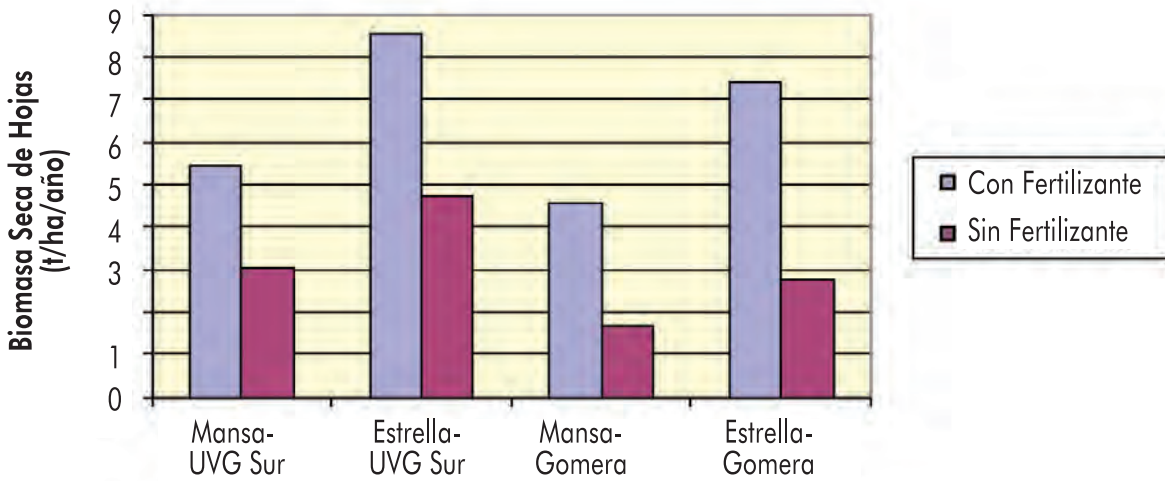
Al inicio, las plantas de Chaya en la parcela control resultaron con un amarillamiento generalizado, el cual es típico de una deficiencia de N (Gráfica 8).

• Respuesta a la aplicación de N

Con base en el análisis combinado de la producción acumulada de biomasa seca de hojas, se determinó que no hubo diferencia estadística entre sitios ($p > 0.05$), pero si entre cultivares de Chaya ($p < 0.05$). Se encontró respuesta

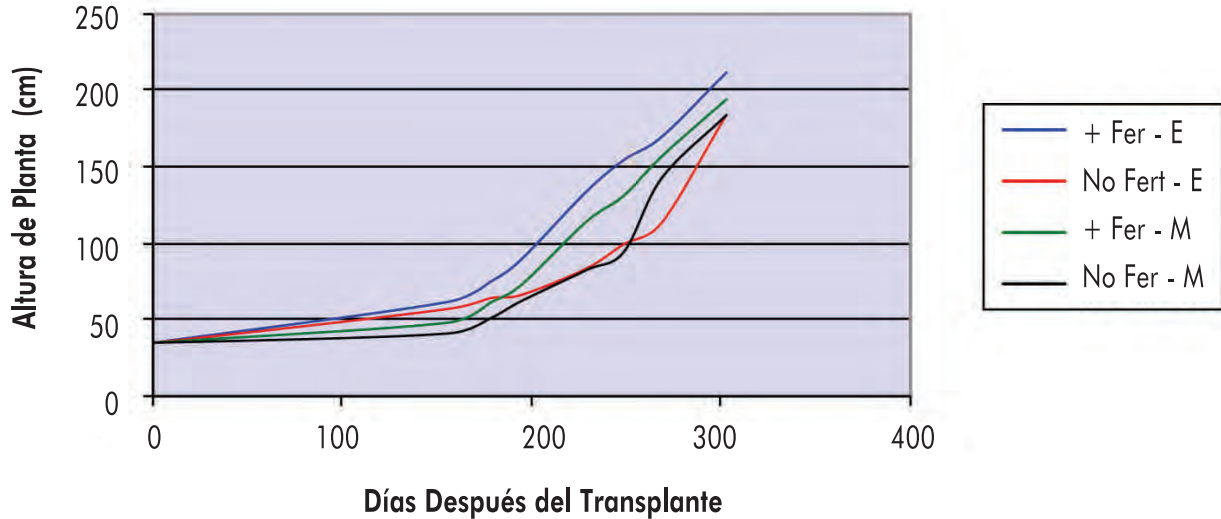
Gráfica 6.

Producción de biomasa de Chaya ('Mansa' y 'Estrella') en respuesta a la aplicación de fertilizante en los sitios CampusSur (UVG) y Gomera.



Gráfica 7.

Curva media de crecimiento de chaya 'Estrella' (E) y 'Mansa' (M) en respuesta a la aplicación de fertilizante.



positiva a la aplicación de N, principalmente cuando se utilizó la variedad 'Estrella'. La aplicación de N arriba de 30 kg/ha a la variedad 'Mansa' no tuvo incidencia en la producción de biomasa (Gráfica 9).

En los dos sitios, la mayor cantidad de biomasa de Chaya 'Estrella' se obtuvo con la aplicación de 400 Kg N / ha / año, y de acuerdo a la tendencia de la gráfica no se alcanzó el rendimiento máximo estacionario.

• Respuesta a la aplicación de P

No se encontró diferencia estadística entre los dos sitios experimentales ($p > 0.05$), pero el efecto principal de los cultivares de Chaya y el efecto principal de los niveles de P fue significativo ($p < 0.05$). El cultivar 'Estrella' resultó con el rendimiento mas alto en los diferentes niveles de P comparado con el cultivar 'Mansa'. Altos niveles de aplicación de fósforo tuvieron un efecto positivo

Gráfica 8. Apariencia (amarillamiento) de plantas de Chaya 'Estrella' en la parcela control (sin fertilizante) en el CampusSur (UVG)



en incrementar los rendimientos de biomasa del cultivar 'Estrella', pero no tuvieron ningún efecto en el cultivar 'Mansa' (Gráfica 10).

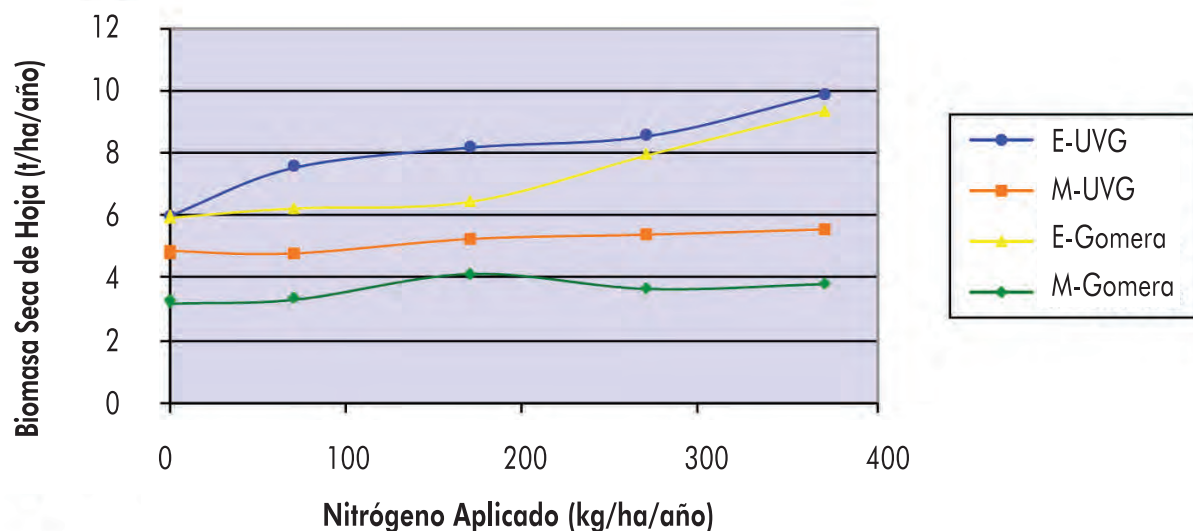
Respuesta a la aplicación de K

La aplicación de K no tuvo un efecto significativo en el incremento de la producción de biomasa de Chaya en los dos sitios experimentales (Gráfica 11). En el sitio Gomera, la aplicación de K redujo el rendimiento de los dos cultivares de Chaya.

Rendimientos más altos fueron obtenidos en el CampusSur (UVG). En ambos sitios, la producción de biomasa fue superior con el uso de la variedad 'Estrella' en comparación a la variedad 'Mansa' ($p < 0.05$).

Gráfica 9.

Producción de biomasa de Chaya ('Estrella' (E) y 'Mansa' (M)) en respuesta a la aplicación de N en los sitios CampusSur (UVG) y Gomera.



b) Composición Química

El contenido de proteína de Chaya 'Mansa' y Chaya 'Estrella' se presenta en la Gráfica 12. En la variedad 'Estrella', la aplicación de fertilizante incrementó significativamente ($p < 0.05$) el contenido de proteína en comparación con el tratamiento no fertilizado. En la variedad 'Mansa', el incremento en el contenido de proteína obtenido con la aplicación de fertilizante no fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$). Niveles más altos de proteína fueron encontrados en Chaya 'Estrella' en comparación con Chaya 'Mansa'.

Promediado sobre sitios y épocas de corte, las dos variedades mostraron la tendencia en incrementar significativamente ($p < 0.05$) el contenido de proteína con el incremento en la aplicación de N (Gráfica 13). No se encontró un efecto significativo entre épocas de corte y tampoco entre sitios experimentales ($p > 0.05$) (Gráficas 14 y 15).

Tal y como se esperaba, la aplicación de P (tratamientos 6 y 9) y K (tratamientos 10 y 13) no tuvo un efecto significativo ($p > 0.05$) en el incremento de proteína en las hojas de Chaya (Gráficas 16 y 17).

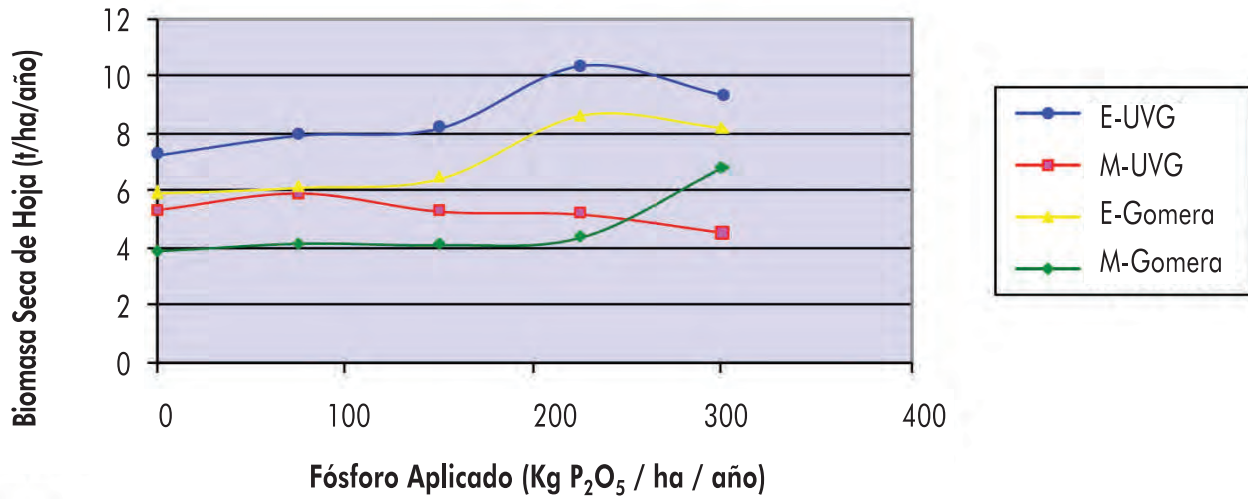
• Contenido de cenizas, Fe y Zn

Promediado sobre sitios y variedades de Chaya, se determinó una tendencia negativa ($p < 0.05$) para el contenido de cenizas, Fe y Zinc con el incremento en el nivel de N aplicado (Gráfica 18). Altos niveles de N resultaron con los menores contenidos de cenizas, Fe y Zn. El efecto de la adición de N fue relativamente similar en ambas variedades de Chaya (no se presentan los datos individuales).

El efecto de la aplicación de P y K sobre el contenido de cenizas, Fe y Zn en la mayoría de los casos fue positivo (Gráficas 16 y 17), pero estadísticamente no significativo ($p > 0.05$).

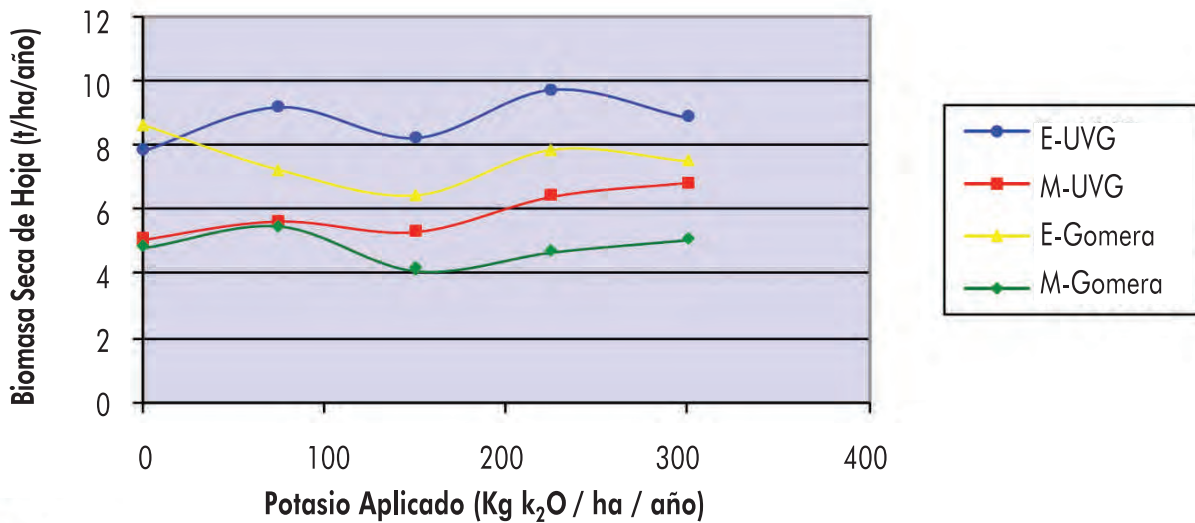
Gráfica 10.

Producción de biomasa de Chaya ('Estrella' (E) y 'Mansa' (M)) en respuesta a la aplicación de P en los sitios CampusSur (UVG) y Gomera.



Gráfica 11.

Producción de biomasa de Chaya ('Estrella' (E) y 'Mansa' (M)) en respuesta a la aplicación de K en los sitios CampusSur (UVG) y Gomera.

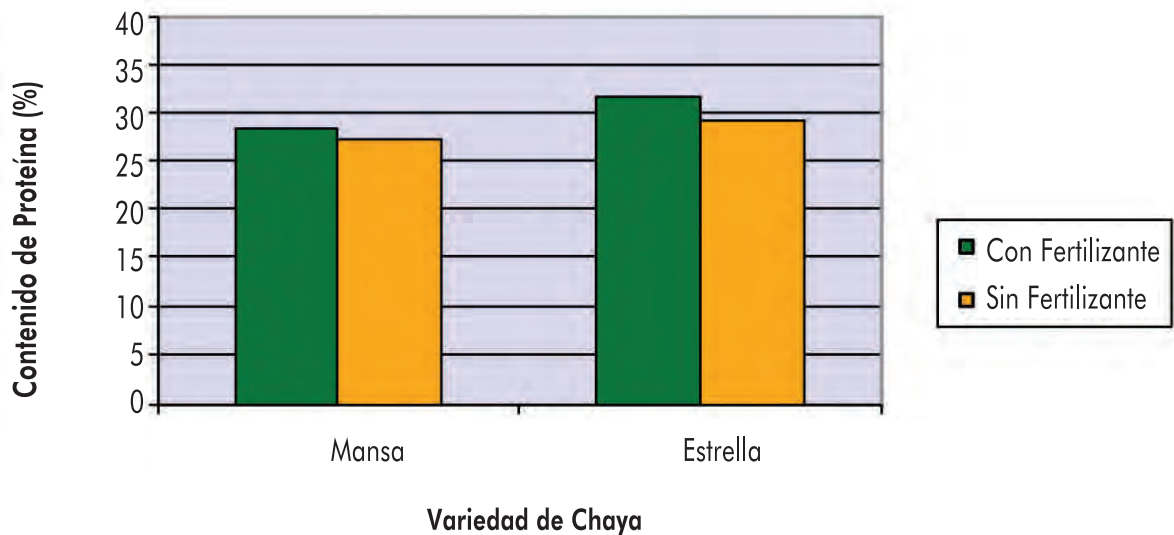


El efecto del sitio experimental sobre el contenido de cenizas, Fe y Zn no fue significativo ($p > 0.05$) (Gráfica 15). La alta diferencia en el contenido de Fe entre los dos sitios experimentales es debido a la alta variabilidad de los resultados (coeficiente de variación (CV) = 29 %) en comparación con los resultados de cenizas (CV = 8 %) y Zn (CV 19%).

El efecto de la variedad no fue significativo ($p > 0.05$) para las variables Fe y Zn, pero si fue significativo para el contenido de cenizas en las hojas ($p < 0.05$). Chaya 'Mansa' resultó con los mayores contenidos de cenizas en comparación con Chaya 'Estrella' (Gráfica 19).

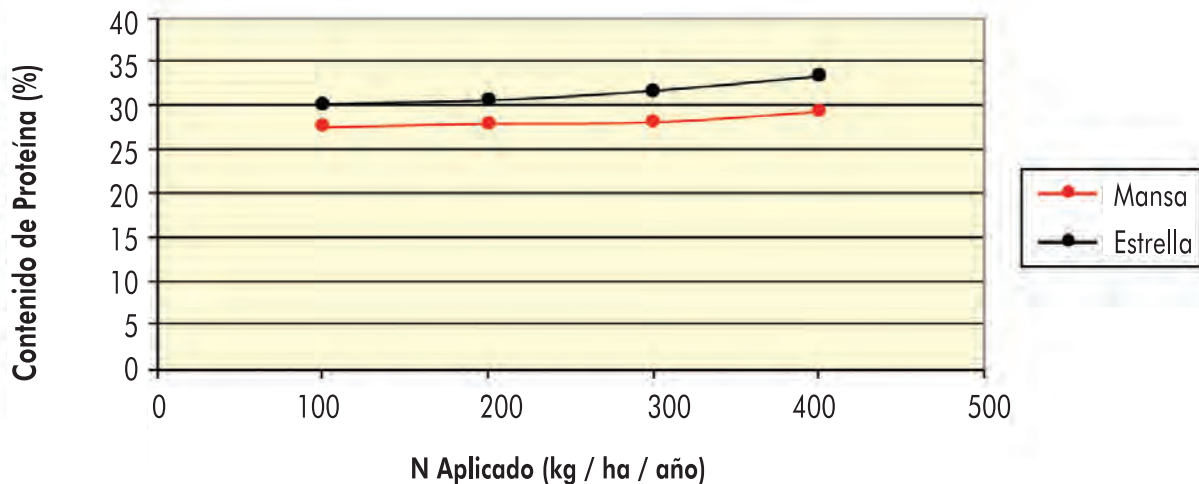
Gráfica 12.

Contenido de proteína (base seca) en hojas de Chaya (var. 'Mansa' y 'Estrella') en respuesta a la aplicación de fertilizante (NPK)



Gráfica 13.

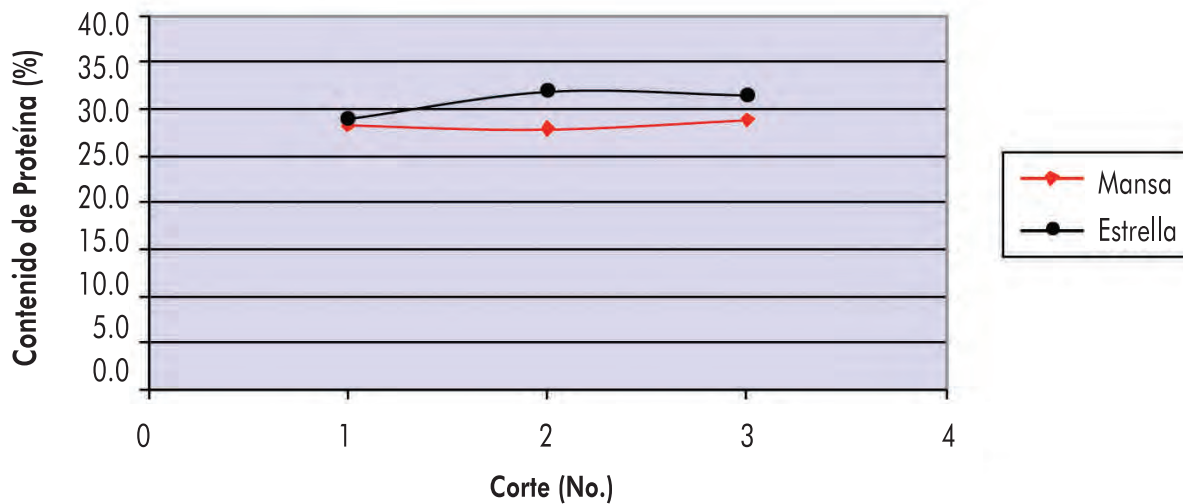
Contenido de proteína (base seca) en hojas de Chaya 'Mansa' y 'Estrella' en respuesta a la aplicación de nitrógeno.



En resumen, los resultados de análisis químico indican que la aplicación de niveles crecientes de N consistentemente incrementaron el contenido de proteína, pero tendieron a reducir el contenido de cenizas, Fe y Zn en las hojas de Chaya. La aplicación de P y K no incrementó significativamente el contenido de cenizas, Fe y Zn, y tal como y como se esperaba, la aplicación de P y K no influyó sobre el contenido de proteína de las hojas. El efecto del sitio experimental sobre los diferentes parámetros evaluados fue irrelevante. Chaya 'Estrella' resultó con el mayor contenido de proteína y Chaya 'Mansa' resultó con el mayor contenido de cenizas. No hubo diferencia entre las dos variedades de Chaya para el contenido de Fe y Zn.

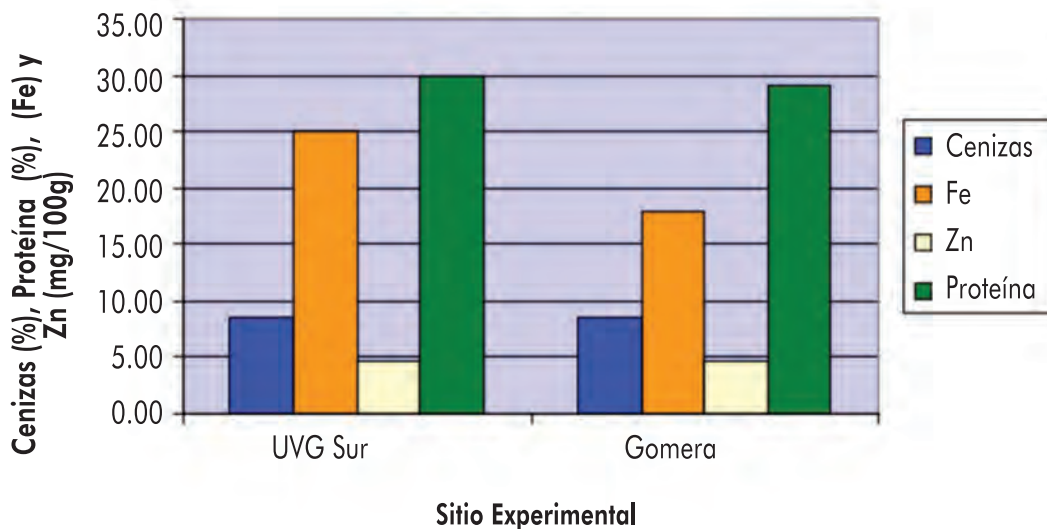
Gráfica 14.

Contenido de proteína (base seca) en hojas de Chaya 'Mansa' y 'Estrella' en función de la época de corte.



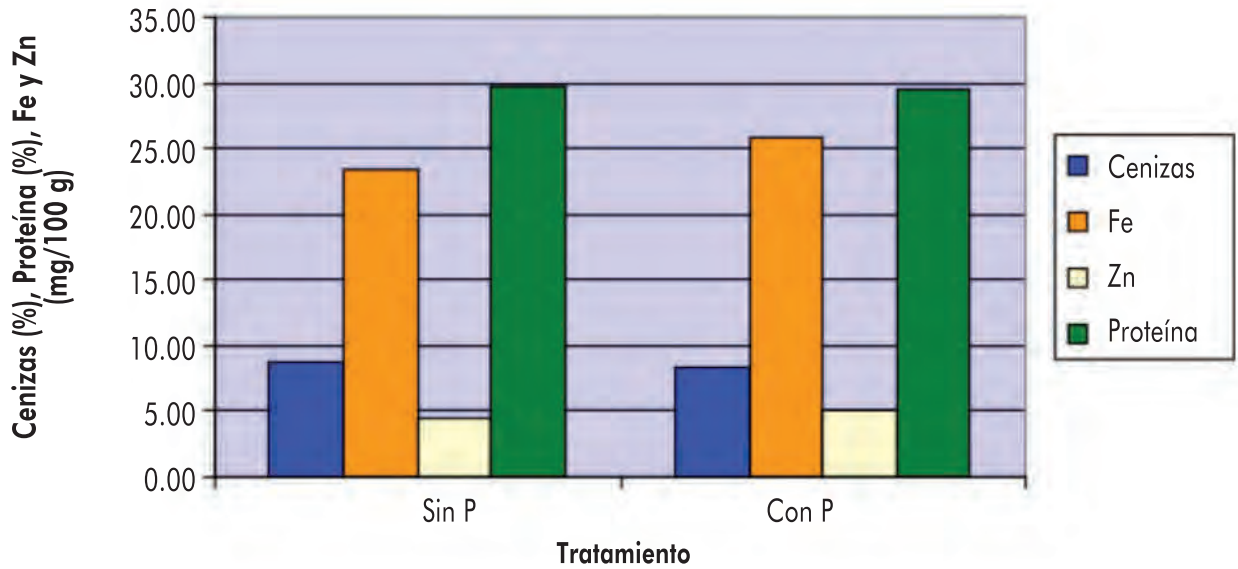
Gráfica 15.

Efecto del sitio experimental sobre la composición química (base seca) de hojas de Chaya.



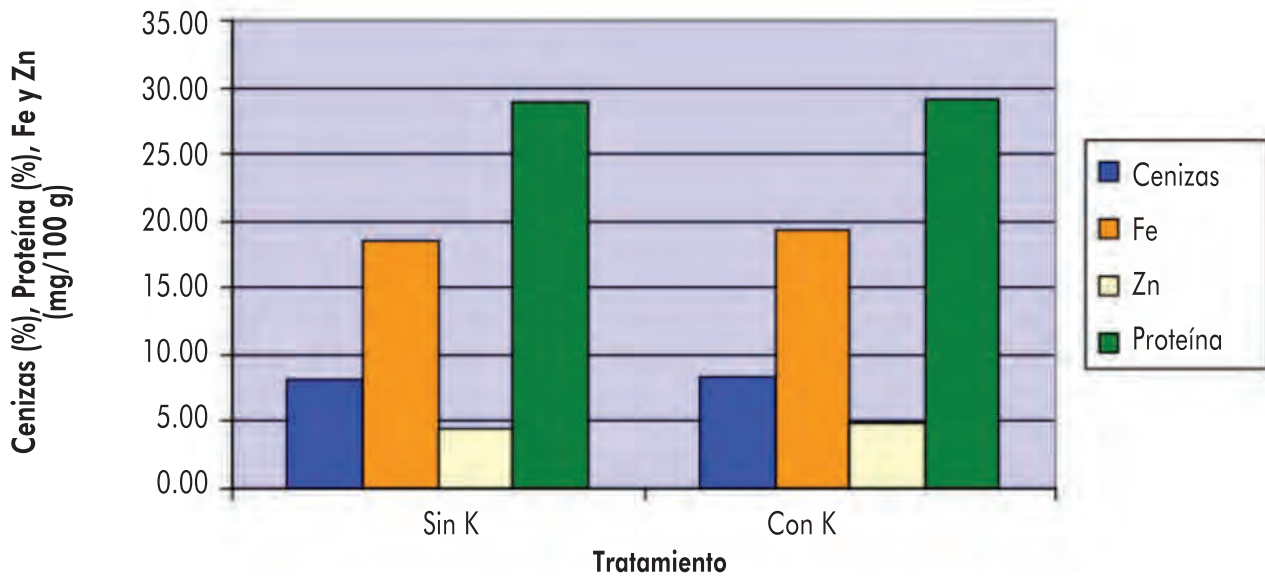
Gráfica 16.

Composición química (base seca) de las hojas de Chaya en respuesta a la aplicación de fósforo.



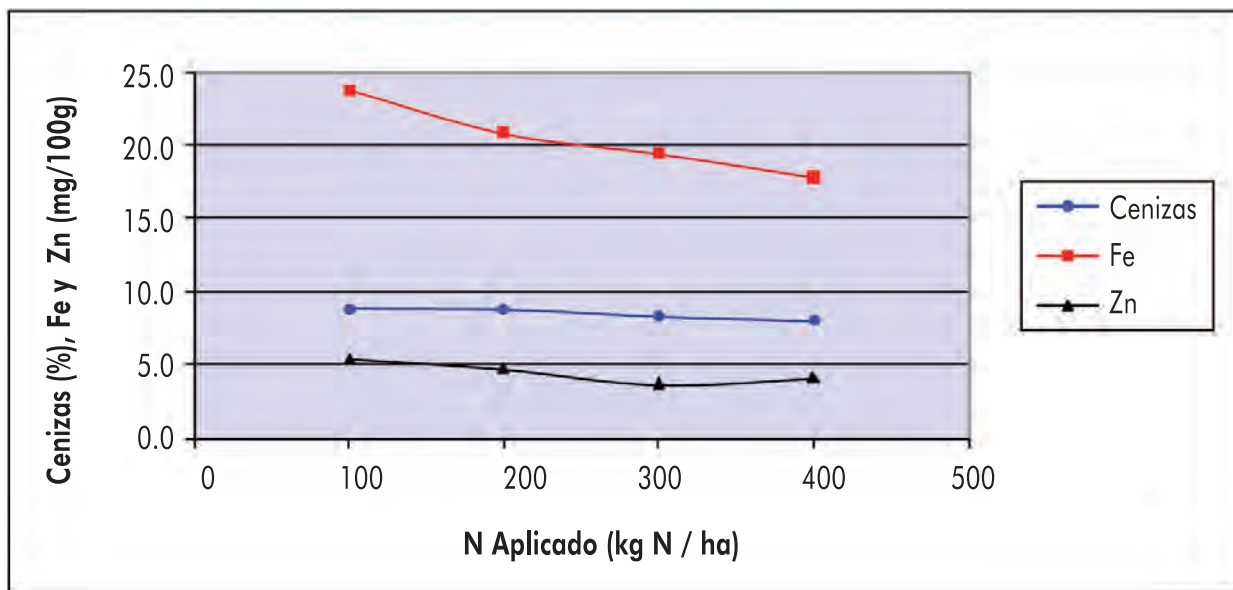
Gráfica 17.

Composición química (base seca) de las hojas de Chaya en respuesta a la aplicación de potasio.



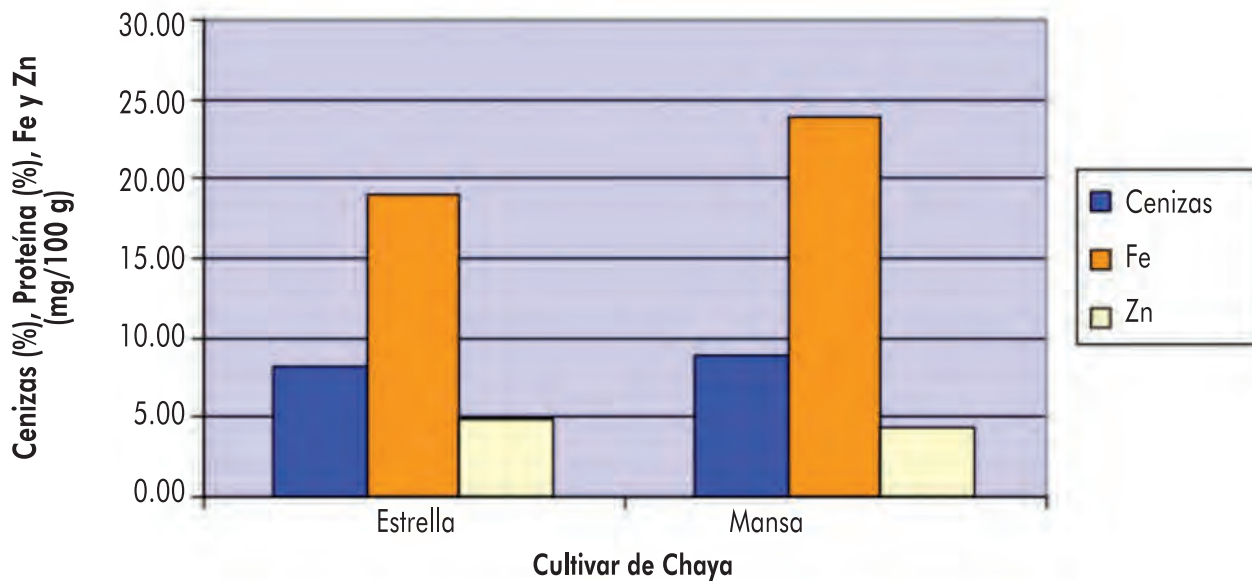
Gráfica 18.

Contenido (base seca) de cenizas, Fe y Zn en hojas de Chaya en respuesta a la aplicación de diferentes niveles de N.



Gráfica 19.

Efecto de la variedad de Chaya sobre el contenido de cenizas, Fe y Zn (base seca).



DISCUSIÓN

Los resultados del ensayo de humedad indican claramente que aún a niveles muy bajos de humedad del suelo, en los cuales éste está prácticamente seco y en equilibrio con el ambiente, la Chaya sobrevivió, por lo que se confirma la observación popular que es una especie relativamente tolerante a la falta de agua. A esos niveles de humedad, plantas de muchas otras especies hubieran muerto. Obviamente, el nivel de producción es mucho más bajo que el alcanzado con un contenido ideal de humedad del suelo.

Otro aspecto a resaltar es que el contenido de proteína, cenizas, Fe y Zn, estadísticamente no fue influenciado negativamente por la falta de agua. Esto es positivo si consideramos el tema de seguridad alimentaria – nutricional y si tomamos en cuenta que en nuestro país tenemos una época seca de aproximadamente 6 meses, en los cuales, sin aplicación de agua, la planta produciría pequeñas cantidades de biomasa con un contenido adecuado de proteína, Fe y Zn. Se desconoce la existencia de estudios similares con Chaya en otros países.

Los resultados de los ensayos de fertilización en campo indican que la producción de biomasa de Chaya en función de la aplicación de NPK dependió del sitio experimental (condiciones de suelo y ambiente), el cultivar de Chaya y el elemento en particular. Aparte del clima, rendimientos más altos pudieron haber sido obtenidos en el CampusSur (UVG) como resultado de una mejor condición física del suelo. El CampusSur (UVG) presentó una menor densidad aparente (0.96 g/cc) y una mayor capacidad de absorción de agua (CC de 37 %) en comparación con el sitio Gomera (capacidad de campo de 5.2 %). Por lo tanto, la capacidad del suelo en CampusSur (UVG) en proveer agua a las plantas fue mayor. La densidad aparente del sitio Gomera (1.58 g/cc) parece un poco alta, indicando que algunos problemas de compactación del suelo pudieron haber afectado el desarrollo de plantas de las dos variedades de Chaya.

El mayor rendimiento de la variedad ‘Estrella’ en comparación con la variedad ‘Mansa’ puede tener una explicación genética. Así mismo, también puede deberse al hecho que el ambiente original de Chaya ‘Mansa’ es en la región semiárida del país, en donde la cantidad de lluvia es 3 o 4 veces menor que la cantidad de lluvia reportada en la costa del Pacífico de Guatemala.

La variedad ‘Estrella’ respondió en forma positiva a la aplicación de N. De acuerdo a los resultados (Gráfica 9), el rendimiento máximo estacionario no fue alcanzado con la aplicación del nivel más alto de N, sugiriendo que la aplicación de N a Chaya ‘Estrella’ más allá de 400 kg / ha / año debería de ser evaluado. En estudios preliminares con Chaya ‘Estrella’, Cifuentes et al. (2000) determinaron preliminarmente que para producir 5.6 t de hojas secas sin peciolo, la planta extrae aproximadamente 370 kg N / ha. En el caso de Chaya ‘Mansa’, en ambos sitios, la aplicación de 30 kg N / ha / año resultó con una producción similar a aquella obtenida con los niveles más altos de N. Por lo tanto, una aplicación de solamente 30 kg N / ha / año en suelos de condiciones similares a los de los sitios experimentales es sugerido para la variedad ‘Mansa’. Los resultados anteriores contrastan un poco con la idea reportada en diferentes artículos en los cuales se indica que la Chaya requiere poca adición extra de nutrientes (Price Martin, citado por Berkelaar, 2007). Aparentemente, la demanda de nutrientes está ligada a la variedad de Chaya.

La respuesta a la aplicación de P fue positiva para Chaya ‘Estrella’, pero no se encontró respuesta para Chaya ‘Mansa’. La variedad ‘Mansa’ puede tener una mejor habilidad que Chaya ‘Estrella’ en tomar nutrientes del suelo o bien al tener menor producción, tiene una baja demanda de nutrientes, por lo que la cantidad disponible en el suelo reportada por el laboratorio fue suficiente para la planta. De acuerdo al rango de suficiencia del laboratorio, el sitio Gomera presentó un nivel adecuado de P mientras que el CampusSur (UVG) estaba en el límite entre bajo y adecuado. Sin embargo, esa es una recomendación general debido a que a la fecha no se han hecho estudios específicos para calibrar el estado nutricional del suelo y la respuesta agronómica de la Chaya. Por lo tanto, no se sugiere la aplicación de P a Chaya ‘Mansa’ en condiciones de suelo similares a aquellas presentes en los sitios experimentales.

El rendimiento máximo estacionario fue alcanzado en ‘Estrella’ con la aplicación de aproximadamente 225 Kg P_2O_5 / ha / año. Esa cantidad de fertilizante es considerablemente alta. El incremento en rendimiento observado a ese alto nivel de aplicación de P puede ser el resultado del alto porcentaje de fijación de P en ambos suelos (85 y 77 % para los sitios en CampusSur (UVG) y Gomera respectivamente). Por lo tanto, una aplicación de un alto nivel de P puede ser requerida en suelos con un alto porcentaje de fijación de este elemento. La respuesta de Chaya a la aplicación de P debería de ser evaluada también en otros tipos de suelo.

No se encontró respuesta a la aplicación de K en ambas variedades de Chaya y en ambos sitios experimentales. Esto es el resultado de la condición inicial del suelo, debido a que el nivel de K en ambos sitios se encontraba dentro del rango de suficiencia. No se recomienda la aplicación de K a suelos con un contenido adecuado de este elemento.

El incremento en el contenido de proteína en las hojas determinado con el incremento en la aplicación de N era de esperarse debido a que inicialmente ambos sitios presentaron niveles muy bajos de N. Aunque el nivel de proteína en las hojas tendió a ser más alto en el CampusSur (UVG) en comparación con el sitio Gomera, ese incremento no fue significativo. El efecto negativo de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de Fe y Zn no se esperaba. Una explicación a este fenómeno debería de ser investigada.

Tal y como se esperaba, la aplicación de P y K no afectó el contenido de N en las hojas y el ligero incremento de Fe y Zn en las hojas no fue estadísticamente diferente de los valores obtenidos en el tratamiento sin fertilizante.

En estudios realizados en macetas y un sustrato en sustitución de suelo, Quezada et al. (2008a y 2008b) encontraron que la fertilización química (triple 18 soluble) y orgánica tuvieron un efecto positivo sobre algunos parámetros (fibra cruda, grasa cruda, vitamina C, cenizas y minerales) de la composición química de hojas de Chaya en comparación con el control (sin aplicación de fertilizante al sustrato).

CONCLUSIONES

La producción de biomasa se redujo significativamente con la reducción del nivel de humedad del suelo. Niveles de humedad abajo del PMP resultaron con los rendimientos más bajos.

El contenido de humedad del suelo no influyó sobre el contenido de proteína, cenizas, Fe y Zn en las hojas de Chaya

La Chaya respondió a la aplicación de fertilizante químico, y el nivel de respuesta dependió de la condición inicial del suelo, la variedad de Chaya y el elemento aplicado.

No se encontró respuesta a N (nivel arriba de 30 kg N / ha / año) y P con la variedad Chaya 'Mansa' en ambos sitios, por lo que se sugiere la aplicación 30 kg N / ha / año en condiciones de suelo similares a la de los sitios experimentales.

Chaya 'Estrella' respondió positivamente a la aplicación de N, pero la producción de biomasa no alcanzó el rendimiento máximo estacionario, lo cual sugiere que niveles de N arriba de 400 kg / ha / año deberían de ser evaluados.

Chaya 'Estrella' respondió a la aplicación de altos niveles de P probablemente como resultados de la alta capacidad de fijación de P en ambos sitios experimentales; por lo cual se sugiere una aplicación de 225 Kg P₂O₅ / ha / año en sitios con condiciones similares de suelo.

No se encontró respuesta a la aplicación de K en ambas variedades de Chaya debido al adecuado nivel inicial de este elemento en ambos sitios experimentales

La aplicación de N incrementó el contenido de proteína en las hojas de Chaya, pero tendió a reducir el contenido de cenizas, Fe y Zn en ambas variedades de Chaya.

La aplicación de P y K no influyó sobre el contenido de proteína, cenizas, Fe y Zn en las hojas de ambas variedades de Chaya.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Agr. Rodolfo Ortiz, por el apoyo técnico en la conducción de los ensayos de campo y en la colecta de muestras de hojas de Chaya para análisis de Laboratorio; Inga. Claudia Arriaga, Inga. Elsa Gudiel y Licda. Ana Luisa Montenegro, por el apoyo en la realización de análisis de composición química; Sra. Rosario Santizo, por el apoyo secretarial y administrativo durante la ejecución del proyecto; los estudiantes del Instituto Tecnológico y personal administrativo de CampusSur (UVG), por el apoyo recibido durante la ejecución del proyecto; Finca 'Monte Alto' por el apoyo incondicional con el sitio experimental; US AID por el apoyo financiero del proyecto bajo el Programa CDR, Grant No. TA – MOU – 04 – C22 – 023.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis (S. Williams, Ed.) 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia.

Barkelaar, D. 2007. CHAYA. ECHO Technical Note. North Fort Myers, FL USA. www.echonet.org/

Centro Nacional Guatemalteco de Investigación en Caña de Azúcar, CENGICAÑA. 2008. Registro de Datos Climatológicos. <http://www.cengicana.org/portaf>

Centro Nacional Guatemalteco de Investigación en Caña de Azúcar, CENGICAÑA. 1996. Estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala. Guatemala.

Cifuentes, R., Pöhl, R. Bressani y S. Yurrita. 2010. Caracterización Botánica, Molecular, Agronómica y Química de los Cultivares de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) en Guatemala. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala - UVG (21). Guatemala.

Cifuentes, R., y A. Molina-Cruz. 2000. La Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*): Efecto de la Densidad de Siembra, Nivel de Nitrógeno y Defoliación en la Producción de Biomasa y la Composición de las Hojas. XLVI Reunión Anual del PCCMCA, San Juan, Puerto Rico.

De Landa, D. 1982. Relación de las Cosas de Yucatán. 9^a. ed. Editorial Porrua, S.A. México. p. 128.

Donkoh, A., C.C. Atuahene, Y.B. Poku-Premhe and I.G. Twum. 1999. The Nutritive Value of Chaya Leaf Meal (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill) Johnston). Studies with Broiler Chickens. Anim. Feed. Sci. Technol. 77:163-172

Hunter, A. 1980. Laboratory en Greenhouse Technique for Nutrient Survey Studies to Determine the Soil Amendments Required for Optimum Plant Growth. Agroservices International, Inc., USA.

INCAP-ICNND. 1961. Tabla de Composición de Alimentos para América Latina. Instituto Nacional de Centroamérica y Panamá (INCAP). Guatemala.

Kuti, J.O. and E.S. Torres. 1996. Potential Nutritional and Health Benefits of Tree Spinach. P. 516 – 520. In: J. Janick (ed.), Progress in New Crops. ASHS Press, Arlington, VA.

Lentner, M. and T. Bishop. 1986. Experimental Design and Analysis. Valley Book Company. Blacksburg, VA. 565 p.

Martin, F.W., L. Telek and R. Ruberté. 1977. Some Tropical Leaves as Feasible Sources of Dietary Protein. J. Agr. Univ. P.R. 61:32-40

Michigan State University. 1988. MSTATC / Crop and Soil Sciences. Users Guide: Statistics, East Lansing, Michigan.

Molina-Cruz, A. y R. Cifuentes. 2001. Evaluación de Cuatro Selecciones de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; *Euphorbiaceae*) y Dos Niveles de Defoliación en Cuatro Regiones de Guatemala, y Aceptabilidad de sus Hojas y Cogollos en Humanos. Proyecto FODECYT No. 45-99. Reporte Final. SENACYT-CONCYT. Guatemala. 42p.

Molina-Cruz, A., L.M. Curley y R. Bressani. 1997a. Redescubriendo el Valor Nutritivo de las Hojas de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; *Euphorbiaceae*). Ciencia en Acción. No. 3. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

Molina-Cruz, A., M. Solórzano y R. Bressani. 1997b. Hojas de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*): II. Efecto de Cocción y Almacenamiento en la Vitamina C y los Glucósidos Cianogénicos. II Simposio Latinoamericano de Ciencia de Alimentos. Campinas, Brazil. p. 60.

National Academy of Science. 1975. Underexploited Tropical Plants with Economic Value. Chap. III. Vegetables. Chaya. National Academy Press, Washington, D.C. p. 45 - 48.

Peregrine, W.T.H. 1983. Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*): A Potential New Vegetable Crop for Brunei. Tropical Pest Management 29:39-41.

Sparks, D (ed). 1996. Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. American Society of Agronomy, ASA. Madison, Wisconsin, USA.

Stephens, J.M. 2003. Chaya – *Cnidoscolus ChayaMansa* McVaugh. Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), University of Florida.

Quezada, T.T., R. Martínez, M.G. Acero, M.A. López, A. Valdivia y R. Ortiz. 2008a. Evaluación Químico Proximal y Concentración de Vitamina C en Hojas de Chaya (*Cnidoscolus Chaya Mansa*) con Tres Niveles de Fertilización Orgánica y Química. IX Congreso de Ciencia de Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Guanajuato, México.

Quezada, T.T., M.G. Acero, R. Martínez, M.A. López, A. Valdivia y A. Martínez. 2008b. Evaluación Químico Proximal y Concentración de Vitamina C en Hojas de Chaya (*Cnidoscolus Chaya Mansa*) con Tres Niveles de Fertilización Orgánica y Química. IX Congreso de Ciencia de Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Guanajuato, México.



(de izquierda a derecha)

Rolando Cifuentes
rcifuen@uvg.edu.gt

Ricardo Bressani
bressani@uvg.edu.gt