

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ciencias Agrícolas

Efecto del Tipo de Estaca, Densidad de Siembra y Nivel de  
Nitrógeno Sobre la Producción y Composición de Chaya  
(*Cnidioscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*)

Trabajo de Graduación presentado para optar al título de  
Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Agrícolas

VERÓNICA BLANCO ESTRADA

Guatemala

2001



Efecto del Tipo de Estaca, Densidad de Siembra y Nivel de  
Nitrógeno Sobre la Producción y Composición de Chaya  
(*Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ciencias Agrícolas


Efecto del Tipo de Estaca, Densidad de Siembra y Nivel de  
Nitrógeno Sobre la Producción y Composición de Chaya  
(*Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*)

VERÓNICA BLANCO ESTRADA

Guatemala

2001

Vo. Bo. :

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Rolando Cifuentes  
Asesor

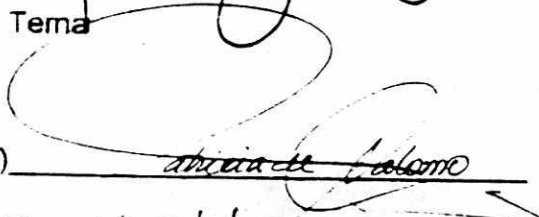
Tribunal:

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Rolando Cifuentes

Tema

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Guillermo Sánchez

Tema

(f)   
\_\_\_\_\_  
Licenciada Patricia Palacios de Palomo

Tema

Fecha de Aprobación: 

28 SET. 2001

## PREFACIO

Este trabajo de investigación se inició con la inquietud de conocer más acerca de las plantas de nuestro entorno, que son prácticamente desconocidas en la actualidad. La Chaya es una de esas plantas que era consumida por la gente de la región mesoamericana, pero por motivos culturales desconocidos fue desapareciendo de la dieta de los guatemaltecos. Esta es una planta con un alto valor nutritivo que sería de gran apoyo para tratar de contribuir a aliviar el problema de la desnutrición y la falta de alimento en nuestro medio.

La realización de este proyecto involucró tiempo, así como el trabajo de gente y de colaboradores. La colección del material inicial homogéneo y la siembra en una región adecuada fueron fundamentales para lograr resultados válidos.

Para alcanzar los objetivos del estudio hubo gente que ayudó a quienes se debe un agradecimiento. Merece hacer mención especial la colaboración de la Finca "El Capullo", por permitir utilizar su terreno para realizar el estudio, y a sus trabajadores que asistieron durante el proyecto, así como a la señora Amanda González de Estrada (†) y al Ing. Agr. Rodolfo Estrada. También debe agradecerse a los asesores del estudio, Dr. Álvaro Molina y Dr. Rolando Cifuentes, en especial al Dr. Cifuentes, quien asesoró el estudio de principio a fin y proveyó de conocimientos y experiencias para obtener resultados efectivos.

Se espera que este estudio sirva de apoyo para la solución de uno los problemas de la población guatemalteca: la alimentación deficiente. Integrar este estudio con otros afines es clave para obtener resultados positivos. Además es necesario realizar más estudios relacionados y así tener más información de apoyo.

# CONTENIDO

	Página
PREFACIO .....	iv
LISTA DE CUADROS .....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	ix
RESUMEN .....	x
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. HIPÓTESIS .....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
A. Clasificación Taxonómica	
B. Descripción General de la Planta	
C. Distribución Ecológica	
D. Descripción de las Selecciones Domésticas Encontradas en Guatemala	
E. Valor Nutritivo y Medicinal	
F. Reproducción y Manejo Agronómico	
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
A. Ensayo de Invernadero	
1. Descripción General del Experimento	
2. Descripción y Caracterización del Material Vegetativo	
3. Modelo Estadístico	
4. Manejo del Experimento	
5. Análisis Estadístico	
B. Ensayo de Campo	
1. Descripción General del Experimento	
2. Modelo Estadístico	
3. Sitio Experimental	
4. Manejo del Experimento	
5. Análisis	
a. Químico	
b. Estadístico	

VI.	RESULTADOS .....	21
	A. Ensayo de Invernadero	
	B. Ensayo de Campo	
	1. Producción de Biomasa	
	2. Análisis Químico	
VII.	DISCUSIÓN .....	34
	A. Ensayo de Invernadero	
	B. Ensayo de Campo	
	3. Producción de Biomasa	
	4. Análisis Químico	
VIII.	CONCLUSIONES .....	38
IX.	RECOMENDACIONES .....	39
X.	BIBLIOGRAFÍA .....	40
XI.	APÉNDICE 1.....	43
XII.	APÉNDICE 2 .....	46

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición por 100 g de porción fresca de hojas comestibles .....	9
2. Composición química de las cuatro selecciones de Chaya doméstica...	9
3. Descripción de los factores y niveles evaluados en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998 .....	12
4. Contenido inicial de humedad de las estacas utilizadas en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998. ....	13
5. Análisis químico del suelo utilizado para el ensayo de invernadero. Guatemala 1998 .....	15
6. Descripción de los factores y niveles evaluados en el ensayo de campo. Guatemala 1999 .....	16
7. Valores iniciales de altura, diámetro basal y diámetro de copa de las plantas de Chaya evaluadas bajo condiciones de campo .....	18
8. Análisis químico del suelo utilizado para el ensayo de campo. Escuintla, 1999 .....	19
9. Resultados del ensayo de invernadero para las diferentes variables cuantificadas a las cuatro y ocho semanas después de la siembra de las estacas. Guatemala, 1998 .....	23
10. Valor de los efectos principales de los factores evaluados en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998 .....	24
11. Coeficientes de relación lineal obtenidos entre las variables medidas en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998 .....	25
12. Resultados de la cantidad de biomasa de hojas de Chaya y altura de planta al corte 2 bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999 .....	27
13. Valor de los efectos principales de los factores evaluados bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999 .....	28
14. Resultados de la Composición Química de los Foliolos de Chaya bajo Condiciones de Campo. Escuintla, 1999 .....	30

15. Valor de los efectos principales de los factores evaluados bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999 .....	31
A2-1. Resultados de la cantidad de biomasa de hojas de Chaya al corte 1 bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999. ....	46
A2-2. Resultados de la cantidad de biomasa de hojas de Chaya y altura de planta al corte 2 bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999. ....	47
A2-3. Suma de cuadrados del análisis de varianza efectuado a las variables evaluadas a las cuatro y ocho semanas en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998 .....	48
A2-4. Suma de cuadrados del análisis de varianza efectuado a la biomasa acumulada y altura de planta al corte 2 bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999. ....	49
A2-5. Suma de cuadrados del análisis de varianza efectuado a los parámetros de composición química de folíolos secos de Chaya bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999. ....	50

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Distribución de la Chaya en Mesoamérica .....	6
2. Selecciones domésticas de Chaya encontradas en Guatemala .....	8
3. Localización del sitio experimental .....	17
4. Estacas de Chaya utilizadas en el ensayo de invernadero .....	43
5. Parcela experimental en la Finca "El Capullo" .....	43
6. Preparación del suelo para la siembra de las estacas .....	44
7. Siembra de las estacas al campo definitivo .....	44
8. Vista de la parcela experimental después de la siembra de las estacas .....	45

## RESUMEN

La Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*, *spp. aconitifolius*) es una planta comestible de la familia Euphorbiaceae, nativa de Mesoamérica que por su riqueza nutricional es apta para mejorar la dieta humana y animal de la región. Se han hecho algunos estudios sobre su composición bioquímica, pero no se conoce el manejo agronómico apropiado de esta planta.

Este estudio incluyó un ensayo de invernadero y uno de campo. El ensayo de invernadero se condujo para determinar el efecto de la posición de la estaca en la planta, el largo de la estaca y su condición inicial de humedad sobre el crecimiento y producción de biomasa. Se efectuaron mediciones a las cuatro y ocho semanas. Las variables de respuesta incluyeron el número de ramas y el número de hojas a las cuatro y ocho semanas, así como ganancia en altura y biomasa de cogollos en base fresca y seca a las ocho semanas. Se determinó que los factores evaluados actuaron en forma independiente. Se encontró respuesta significativa únicamente a la condición inicial de humedad de la estaca y largo de la misma. Las estacas largas y secas fueron las mejores para la reproducción vegetativa de la planta.

En el ensayo de campo se evaluó el efecto de la densidad de siembra y el nivel de nitrógeno (N) sobre la producción de biomasa y la calidad nutricional de folíolos. Para esto se realizaron dos cortes con un espaciamiento de aproximadamente dos meses entre cada uno. La composición nutricional se determinó únicamente de folíolos colectadas durante el primer corte. Las variables de respuesta para la parte de producción incluyeron biomasa de hojas y folíolos en base fresca y seca así como la altura de planta. Para la composición se cuantificó el contenido de vitamina C, glucósidos cianogénicos, fibra, cenizas, proteína y grasa.

Para producción se determinó que los factores actuaron independientemente y que hubo respuesta únicamente a la densidad de siembra, no así a la aplicación

de nitrógeno. Los mejores tratamientos fueron 6,667 y 8,889 p / ha con una producción acumulada de hojas secas de 6.83 t / ha y 7.51 t / ha, respectivamente.

En lo referente a calidad nutricional, los factores también actuaron en forma independiente y hubo un efecto significativo únicamente de la densidad de siembra en el contenido de vitamina C y proteína. Las densidades con mejor contenido de vitamina C y proteína fueron las de 6,667 y 8,889 p / ha. El resto de parámetros de composición (glucósidos cianogénicos, fibra, cenizas y grasa) no fue afectado por ninguno de los factores estudiados.

En promedio, la producción acumulada de hojas de Chaya fue de  $37.64 \pm 10.78$  t / ha en base fresca y  $6.46 \pm 1.85$  en base seca. La composición química media de folíolos de Chaya fue  $13.86 \pm 1.01$  mg de vitamina C / g,  $0.88 \pm 0.16$  mg de HCN / g,  $13.49 \pm 2.03$  g de fibra / 100 g,  $11.11 \pm 0.96$  g de cenizas / 100 g,  $26.52 \pm 1.97$  g de proteína / 100 g y  $10.89 \pm 1.23$  g de grasa / 100 g.

Se concluye que la reproducción de Chaya se optimiza con el uso de estacas largas (1 m) que hayan sido previamente secadas a la sombra. Tanto la producción de biomasa como la composición química de folíolos se optimiza cuando las plantas se siembran a una densidad de 6,667 a 8,889 p / ha.

# I. INTRODUCCIÓN

En Mesoamérica existen plantas nativas con potencial nutricional que por falta de estudios no están siendo utilizadas. Tal es el caso de la Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) que fue utilizada por los Mayas como alimento para humanos en la época precolombina (de Landa, 1982). Actualmente, son muy pocos los lugares en donde se consume o se cultiva, ya que la mayoría de la población guatemalteca no sabe de su existencia (Cifuentes y Molina, 1999).

En Guatemala se han encontrado varias selecciones silvestres y cuatro selecciones de Chaya doméstica (Molina Cruz et al., 1997), las cuales son distinguibles entres sí por la morfología de la planta. Todas las selecciones silvestres producen flores y frutos en tanto que únicamente una selección doméstica llega a producir frutos. Esto implica que en los materiales silvestres la reproducción en forma natural es sexual en tanto que los materiales domésticos son propagados asexualmente. Por la forma de las hojas, han sido descritas como selecciones domésticas las siguientes: Estrella (selección I), Picuda (selección II), Traslapada (selección III) y Redonda (selección IV). Las selecciones domésticas difieren no sólo en su morfología sino también en su potencial de rendimiento y rango de adaptación. En general, la producción de Chaya es óptima a baja altitud y el rendimiento disminuye drásticamente a medida que ésta incrementa. De las cuatro selecciones, aparentemente sólo las selecciones I y II se reproducen hasta 1,500 msnm en donde llegan a producir pequeñas cantidades de biomasa.

Las hojas de Chaya contienen valores altos de nutrientes que podrían mejorar la dieta de los guatemaltecos. Contienen vitamina C, provitamina A ( $\beta$ -caroteno) y proteína (Molina Cruz et al.; 1997a). La vitamina C es equivalente a 7 veces lo que contienen la naranja (59 mg / 100 g hoja fresca) y el limón (51 mg / 100 g hojas fresca) y el contenido de proteína en base seca es mayor que el de el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) el cual tiene 25% (INCAP-ICNND, 1961). Aun cuando la composición nutricional varía ligeramente entre las selecciones domésticas, con esas características, la Chaya se convierte en una planta idónea como fuente de alimento humano y animal (Cifuentes y Molina, 1999).

Se sabe que la base de la dieta de los guatemaltecos la constituyen el maíz y el frijol. Estos dos alimentos juntos no proveen a la población de todos los nutrientes

para una dieta balanceada. Al incluir Chaya dentro de su régimen alimenticio, estarían llenando los requerimientos nutricionales. Por esto es importante introducir la Chaya como una fuente económica y accesible de alimento. Actualmente quienes consumen la Chaya en nuestro medio lo hacen cocinando en agua hirviendo cogollos tiernos y hojas nuevas de la planta.

Poco se conoce en la actualidad acerca de la reproducción, cultivo o requerimientos nutricionales de esta planta. Es necesario hacer estudios que provean información para determinar el manejo agronómico que optimice la producción y calidad nutricional de esta planta, lo cual ayudaría a satisfacer en parte las necesidades alimenticias de la población. En este estudio se evaluarán varios factores agronómicos (tipo de estaca, densidad de siembra y fertilización con nitrógeno) tanto en campo como en invernadero. Se utilizará la selección I, ya que es la que tiene una mayor distribución en el país y presenta una mayor producción de biomasa.

## II. OBJETIVOS

### A. Objetivos Generales

- Obtener información básica del material propagativo, densidad de siembra y niveles de nitrógeno que mejoren la producción de biomasa y composición química de folíolos de Chaya.

### B. Objetivos Específicos

- Determinar el impacto de la longitud, posición en la planta (apical - no apical) y contenido de humedad de la estaca (fresca - seca) sobre la producción inicial de biomasa de Chaya.
- Determinar el impacto de la densidad de siembra y el nivel de nitrógeno sobre la producción de biomasa y calidad nutricional de hojas de Chaya.

### III. HIPOTESIS

- La longitud, posición en la planta y porcentaje de humedad de las estacas son factores que afectan la producción de biomasa de Chaya durante los primeros meses de su propagación.
- El nivel de nitrógeno y la densidad de siembra influyen en la producción de biomasa y composición química de las hojas de Chaya.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. Clasificación Taxonómica

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Cnidoscolus*

Especie: *C. aconitifolius*

Subespecie: *C. aconitifolius ssp. aconitifolius*

(Breckon, 1975)

### B. Descripción General de la Planta

La Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; *Euphorbiaceae*) es un arbusto nativo de Mesoamérica que puede alcanzar una altura de 3 – 5 m. Requiere poco cuidado (Peregrine, 1983) y produce grandes cantidades de biomasa comestible por muchos años. Parece adaptarse bien a regiones tropicales húmedas y secas, y con distintas clases de suelo. El rango de adaptación va de 0 – 1500 msnm (Peregrine, 1983, Martin y Ruberté, 1978, National Academy of Science, 1975).

### C. Distribución Ecológica

La Chaya se distribuye de manera natural desde la Península de Yucatán, pasando por Guatemala, hasta la parte Norte de Honduras (Figura 1). Crece desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm ocurriendo en varios tipos de clima que son por lo general libres de heladas y con un nivel alto de precipitación. Naturalmente ocurre en diversos tipos de vegetación incluyendo secos y lluviosos, espinosos y bosques verdes. En hábitats inestables o perturbados se encuentra como cerco vivo, matorrales maderables, arroyos rocosos, dunas costaneras y bosques abiertos. Crece en suelos que van desde arcillas cafés hasta lateritas y en suelos derivados de roca madre ígnea y piedras limosas (Breckon, 1975).

Ilustración 1. Distribución de la Chaya en Mesoamérica



Fuente: Breckon, 1975

#### D. Descripción de las Selecciones Domésticas Encontradas en Guatemala

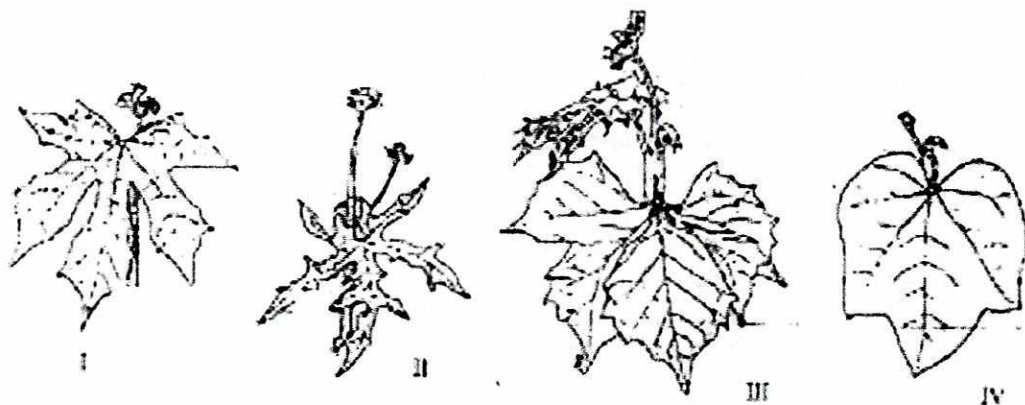
En Guatemala existen cuatro variedades o selecciones de Chaya doméstica que son distinguibles morfológicamente (Figura 2). Estudios de Meneses (2001) y referencias personales de Molina-Cruz (2000) describen las selecciones de la siguiente manera: la Selección I (Estrella) es una planta arbustiva con una altura promedio de 3.68 m al año de su plantación. No presenta vellos urticantes. Tiene hojas alternas del tipo palmatipartidas. Los folíolos tienen 17-26 cm de largo y 22-37 cm de ancho. Poseen 5 lóbulos dentado-picudos que no se traslapan. Las hojas poseen vellos no urticantes en el borde. Los pecíolos tienen 20-34 cm de largo y 5.4-5.5 mm de diámetro, siendo totalmente glabrescentes. Meneses logró determinar que únicamente el 6.25 % de las plantas produce flores. Está distribuida en la República desde el nivel del mar hasta 1600 msnm. De acuerdo con Molina-Cruz se ha encontrado en Baja Verapaz, Santa Rosa, Escuintla, Izabal y Petén. La producción anual de biomasa a 20 msnm es de  $140 \pm 26.5$  ton / ha en base fresca y  $18 \pm 3.2$  ton / ha en base seca.

La Selección II (Picuda) es una planta arbustiva con una altura promedio de 3.35 m al año de haber sido plantada. Tiene hojas alternas pinatipartidas con folíolos de 14.5-21.0 cm de largo y 18.8-32.8 cm de ancho. Posee cinco lóbulos principales y dos colgantes. El borde de la hoja posee vellos no urticantes. Los pecíolos son glabrescentes con un largo de 15-24 cm y un diámetro de 3.5-5 mm. Meneses (2,000) encontró que el 100% de las plantas produjo flores y frutos, aunque aún no se conoce el nivel de viabilidad de sus semillas. Molina-Cruz reporta que se encuentra en Jutiapa a 900 msnm y en la ciudad capital. La producción anual de biomasa a 20 msnm es de  $118 \pm 31.5$  ton / ha en base fresca y  $14 \pm 3.7$  ton / ha en base seca.

La Selección III (Traslapada) es una planta arbustiva con una altura promedio de 2.88 m al año de ser plantada. Tiene tallos con muy pocas espinas. Sus hojas son alternas del tipo trilobuladas. Los folíolos son de 16-28 cm de largo y 19-37 cm de ancho. Tienen tres lóbulos que se traslapan. Las hojas son glabrescentes excepto por una alta densidad de vellos urticantes en su base. Los pecíolos tienen 12-15 cm de largo y 5-8.8 mm de diámetro. Éstos poseen vellos urticantes. Se encuentra en las regiones del centro del Petén, Mazatenango y Retalhuleu. La producción anual de biomasa a 20 msnm es de  $120 \pm 23.3$  ton / ha en base fresca y  $10 \pm 2.0$  ton / ha en base seca.

La Selección IV (Redonda) es una planta arbustiva con una altura promedio de 3.90 m al año de ser plantada. Los tallos son glabrescentes. Las hojas son alternas del tipo trilobulado. Los folíolos tienen de 18-30 cm de largo y 16.32 cm de ancho. Posee espinas urticantes en el borde de la parte basal de la hoja. Los pecíolos tienen un largo de 23-30 cm y un diámetro de 5-8 mm. Produce flores pero no frutos. De acuerdo con Molina-Cruz se encuentra en el Este del país de 300 a 900 msnm, en zonas bastante secas como Chiquimula, Jutiapa y Zacapa. La producción anual de biomasa a 20 msnm es de  $69 \pm 10.4$  ton / ha en base fresca y  $7 \pm 0.9$  ton / ha en base seca.

Ilustración 2. Selecciones domésticas de Chaya encontradas en Guatemala



Selección I = Estrella, Selección II = Picuda, Selección III = Traslapada y Selección IV = Redonda

Fuente: Molina-Cruz, et.al., 1997

#### E. Valor Nutritivo y Medicinal

El interés por las hojas de Chaya se debe principalmente a su potencial nutricional. Se han hecho estudios que la muestran como una planta alta en proteína, vitamina C y provitamina A (NAS, 1975) (Molina-Cruz, et al., 1997) (Cuadro 1). Estos nutrientes son necesarios en la dieta humana. La vitamina C es importante para el funcionamiento normal del organismo y por sus características como antioxidante está relacionada con la prevención del cáncer. Además ayuda a la absorción del hierro, mineral deficiente en Mesoamérica. El  $\beta$ -caroteno o provitamina A actúa como antioxidante. Juega un papel importante en la visión, el desarrollo embrionario y la prevención de infecciones (OPS-ILSI, 1991). Ambas vitaminas son una deficiencia común en la dieta de los guatemaltecos. Como se muestra en el Cuadro 1, el contenido de proteína en las hojas de Chaya es mayor que en la acelga, espinaca o hierbamora. Un nivel adecuado de proteína en la dieta humana es importante, ya que ésta tiene numerosas funciones tales como servir de portador de vitaminas, oxígeno y bióxido de carbono. Además, lleva a cabo actividades estructurales, cinéticas y catabólicas en el organismo (R.K. Murray & Peter A. Mayes, 1998).

Cuadro 1. Composición por 100g de porción fresca de hojas comestibles

	Prot g	Lip g	CHO g	Fib g	Cen g	Ca mg	P mg	Fe Mg	Vit A mg	Tia mg	Ribo mg	Nia mg	Vit C mg	% Hum	E Cal
Chaya **	5.2	1.9	10.7	2.4	1.9	244	71	2.2	2.5	0.2 *	0.4 *	1.6 *	350	80	64
Bledo *	3.7	0.8	7.4	1.5	2.1	313	74	5.6	1.6	0.05	0.24	1.2	65	86	42
Chilpilín *	7.0	0.8	9.0	2.0	1.5	287	72	4.7	3.0	0.33	0.49	2.0	100	82	56
H. mora *	5.0	0.8	7.0	1.4	1.8	199	60	9.9	0.2	0.18	0.35	1.0	61	85	45
Calabaza*	4.2	0.4	3.4	1.5	1.6	127	96	5.8	0.8	0.14	0.17	1.8	58	90	28
Espinaca *	2.8	0.7	5.0	0.7	1.8	60	30	3.2	1.2	0.06	0.17	0.6	46	90	30
Acelga *	1.6	0.4	5.6	1.0	1.6	110	29	3.6	0.9	0.03	0.09	0.4	34	91	27
Lechuga *	1.0	0.1	3.0	0.5	0.4	16	23	0.0	---	0.05	0.03	0.3	7	96	13

Fuente: Molina-Cruz y Cifuentes, 2001

\* Tomado de INCAP-ICNND, 1961

\*\* Contenido promedio de cuatro selecciones sembradas a 20 msnm (Masagua, Escuintla), analizadas cada una por lo menos en duplicado.

La composición química de las hojas y su valor nutritivo varía con cada selección y también con el medio ambiente (Cuadro 2). Todas las selecciones presentan una composición nutricional mejor que la de otros vegetales.

Cuadro 2. Composición química de las cuatro selecciones de Chaya doméstica

Selección	Hum	Prot.		Grasa		Ceniza		Fibra		CHO		E		Vit C*	
	%	g/100g													
		BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF
I	76.6	30.8	7.2	6.8	1.5	10.3	2.4	10.9	2.5	51.9	12.2	393	92.3	1434	322
II	77.9	30.8	6.8	6.3	1.3	10.8	2.3	10.8	2.3	52.1	11.7	388	86.9	1237	253
III	83.8	31.0	5.0	6.2	1.0	12.8	2.0	12.0	1.9	49.4	8.1	379	61.9	1572	217
IV	80.2	28.3	5.6	7.0	1.4	11.6	2.2	12.0	2.3	52.7	10.5	388	76.6	1693	292

BS: Base Seca, BF: Base Fresca

Fuente: Molina-Cruz, A.; Cifuentes, R. y Arias C., 2001

Debido a su composición química, la Chaya puede ayudar a disminuir la deficiencia de nutrientes en la dieta. Reportes recientes mencionan que se puede utilizar con éxito en la alimentación de aves (Donkoh et al., 1990) También puede ser una alternativa para la nutrición animal por su alto contenido de proteína y su alto

nivel de producción (5.7 ton b.s. / ha / año) el cual es comparable con la producción de leucaena (4-5 ton b.s. / ha / año), reflejando así su potencial como recurso forrajero (Kessler, C.D.J., 1997).

#### F. Reproducción y Manejo Agronómico

Se han hecho muy pocos estudios acerca de la propagación de Chaya. Se sabe que las variedades domésticas son infértiles por lo que sólo se reproducen por estaca (Breckon, 1995). La parte comestible se produce dentro de los primeros dos a tres meses después de la siembra. Las plantas toleran fuertes lluvias y responden con un crecimiento rápido. Además, toleran la sequía y se recuperan rápidamente al regresar las lluvias (NAS, 1975). Peregrino (1983) observó en Brunei (Sureste de Asia) que la brotación de las estacas que utilizó se inició en menos de una semana. Las estacas utilizadas fueron secadas a la sombra por tres días para secar la superficie del corte y evitar la entrada de hongos y bacterias que pudieran causar daño. De manera similar, los agricultores en Guatemala dejan secar las estacas de Chaya durante dos semanas bajo sombra con el fin de obtener el mismo resultado.

También es escasa la información sobre el manejo agronómico que permita maximizar la producción de biomasa, así como mantener o mejorar la calidad nutricional de hojas y cogollos. Los cogollos son más adecuados para alimento animal a gran escala y su cosecha es más rápida. Sandoval et al. (1991) realizaron estudios en México y reportaron que la hoja de Chaya puede ser colectada dentro de un rango de cuatro a ocho semanas, ya que la producción acumulada durante el año es similar. Sin embargo, si el objetivo es la colección de ramas tiernas y hojas para alimento de animales, es más conveniente realizar los cortes cada 12 semanas para proporcionar más tiempo de regeneración a la planta, incrementar la producción y reducir costos por mano de obra.

En Guatemala, Molina-Cruz y Cifuentes (1999) evaluaron la influencia de la defoliación (50-100%) sobre la producción de biomasa de la selección I. Se logró determinar que para la producción de biomasa esta planta puede defoliarse completamente sin detrimento de su recuperación y producción. La composición química de las hojas tampoco se vio afectada por la defoliación.

Algunos reportes mencionan que la Chaya parece no tener enemigos naturales tales como plagas y enfermedades que afectan a los vegetales verdes en

climas tropicales (NAS, 1975). Sin embargo, observaciones realizadas por Molina-Cruz y Cifuentes (2001) indican que la planta sí es susceptible a ataques por plagas y enfermedades. No se han realizado estudios que permitan identificar los diferentes organismos plaga que afectan las plantas de Chaya en diferentes ambientes.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Ensayo de Invernadero

#### 1. Descripción General del Experimento

Este ensayo se hizo con el propósito de evaluar diferentes tipos de estaca y cómo éstos influyen sobre la reproducción de la Chaya. Los factores y niveles estudiados se describen en el Cuadro 3. Las "estacas apicales" fueron aquellas con meristemo apical y las "no apicales" fueron las estacas a las cuales se les removió dicho meristemo. Las estacas frescas se sembraron al día siguiente de su corte y las secas se dejaron secar por tres semanas, dos en un laboratorio y una en el invernadero, con el fin de que perdieran parte de su humedad para reducir pudriciones. Este tratamiento de presecado tiene como fin imitar la práctica de los agricultores, la cual consiste en secar las estacas por varios días antes de sembrarlas. La estructura de los tratamientos fue un arreglo  $2^3$  distribuidos completamente al azar con siete observaciones por tratamiento. Las unidades experimentales consistieron de una bolsa de polietileno con dimensiones de 6 X 10 pulgadas sembrando una estaca por bolsa en una mezcla de tierra negra ( $\frac{3}{4}$ ) con arena ( $\frac{1}{4}$ ). Las variables de respuesta incluyeron el número de hojas y número de ramas a las 4 y 8 semanas de sembradas así como la ganancia en altura y biomasa de hojas y cogollos a las 8 semanas.

Cuadro 3. Descripción de los factores y niveles evaluados en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998.

Factor	Nivel
Humedad	Seca (S) y Húmeda (H)
Longitud (cm)	50 (C) y 100 (L)
Posición en la planta	Apical (A) y No Apical (NA)

## 2. Descripción y Caracterización del Material Vegetativo

Las estacas utilizadas en el ensayo de invernadero fueron de la selección I (Molina-Cruz et al., 1997). El material fue colectado en el kilómetro 58 en el cruce entre la carretera de Guatemala a Escuintla y la carretera que va hacia Mazatenango. Este es un cerco vivo de Chaya de árboles de aproximadamente 2-3 m de altura. Se seleccionaron plantas firmes y libres de enfermedades. Las estacas se cortaron al azar. El material fue cortado en el campo de acuerdo a los tipos de estacas necesarios para los diferentes tratamientos. Se cortó una cantidad de estacas extra para evitar errores por pérdidas involuntarias. Posteriormente el material vegetativo fue trasladado al laboratorio. Al día siguiente se sembraron los tratamientos de estacas frescas, y los de estacas secas se dejaron en el laboratorio para iniciar el proceso de secado. Para determinar el contenido de humedad de las estacas frescas y secas se tomó aleatoriamente una estaca de cada tratamiento, se cortó en pedazos de aproximadamente 10 cm los cuales se secaron en el horno a 75°C hasta alcanzar un peso constante. Los contenidos iniciales de humedad se describen en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Contenido inicial de humedad de las estacas utilizadas en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998.

Tipo de Estaca	% de Humedad
Apical Corta Seca (ACS)	78
No Apical Corta Seca (NACS)	84
Apical Larga Seca (ALS)	78
No Apical Larga Seca (NALS)	75
Apical Corta Húmeda (ACH)	76
No Apical Corta Húmeda (NACH)	82
Apical Larga Húmeda (ALH)	80
No Apical Larga Húmeda (NALH)	78

### 3. Modelo Estadístico

A continuación se describe el modelo estadístico para un arreglo factorial  $2^3$ . El diseño experimental utilizado fue completamente el azar con siete observaciones por tratamiento.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_j + \theta_k + (\alpha\delta)_{ij} + (\alpha\theta)_{ik} + (\delta\theta)_{jk} + (\alpha\delta\theta)_{ijk} + E_{ijk}$$

Donde:

$i = 1,2 = a$  (largo de estaca)

$j = 1,2 = b$  (posición de estaca)

$k = 1,2 = c$  (tipo de secado)

$Y_{ijk}$  = valor de la variable de respuesta obtenida en el  $ijk$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  = media general

$\alpha_i$  = efecto de  $i$ -ésimo largo de estaca

$\delta_j$  = efecto de la  $j$ -ésima posición de la estaca

$\theta_k$  = efecto del  $k$ -ésimo tipo de secado

$(\alpha\delta)_{ij}$  = interacción entre largo de estaca y posición de estaca

$(\alpha\theta)_{ik}$  = interacción entre largo de estaca y tipo de secado

$(\delta\theta)_{jk}$  = interacción entre posición de estaca y tipo de secado

$(\alpha\delta\theta)_{ijk}$  = interacción entre largo de estaca x posición de estaca x tipo de secado

$E_{ijk}$  = error experimental asociado a la  $ijk$ -ésima unidad experimental

### 4. Manejo del Experimento

Las estacas se sembraron en bolsas de polietileno a una profundidad de 18 cm. Se utilizó una mezcla consistente en  $\frac{3}{4}$  de tierra negra y  $\frac{1}{4}$  de arena. Las bolsas se llenaron aproximadamente 2 cm por debajo del borde superior. Durante el experimento las estacas fueron regadas dos a tres veces por semana en forma manual y de acuerdo a las necesidades de agua. No hubo presencia de plagas ni enfermedades.

No se aplicó ningún nutriente ya que de acuerdo al análisis de suelo (Cuadro 5) esto no era necesario. Todas las plantas se cosecharon al cumplir ocho semanas de sembradas. La cosecha se hizo en forma manual. Para el efecto se colectaron los cogollos con tijeras y luego se llevaron al laboratorio para pesar en húmedo y se

secaron en el horno a 75°C hasta obtener un peso constante. Posteriormente se determinó el peso seco del cogollo completo y de hojas por separado.

Cuadro 5. Análisis químico del suelo utilizado para el ensayo de invernadero.

Parámetros del suelo	Valor	Rango adecuado
pH	6.1	5.5 – 7.2
Concentración de Sales (C.S.)	1.16 dS/m	0.2 – 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	3.4%	2.0 – 4.0
C.I.C.e	14.4 meq/100ml	5.0 – 15.0
Saturación K	10.2%	4% - 6%
Saturación Ca	61.4%	60% - 80%
Saturación Mg	28.4%	10% - 20%
Saturación Al + H	0.0%	< 20%

Elemento	Concentracion ppm (p/v)	Nivel			Rango adecuado ppm (p/v)
		Bajo	Adecuado	Alto	
Amonio N-NH <sub>4</sub>	13.0	XXX			25 – 100
Nitrato N-NO <sub>3</sub>	271.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			25 – 250
Fosforo P	395.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 – 75
Potasio K	576.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 – 300
Calcio Ca	1776.8	XXXXXXXXXXXXXXX			1000 – 2000
Magnesio Mg	493.8	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			100 – 250
Cobre Cu	2.5	XXXXXXXXXX			1 – 7
Hierro Fe	208.0	XXXXXXXXXXXXXXX			40 – 250
Manganeso Mn	50.2	XXXXXXXXXX			10 – 250
Zinc Zn	13.1	XXXXXXXXXX			2 – 25
Aluminio Al	< 8.0	X			< 100

Fuente: Reporte de laboratorio de suelos, 1998 (Soluciones Analíticas)

### 5. Análisis Estadístico

El análisis estadístico para el estudio de invernadero se realizó mediante el uso del paquete estadístico MSTAT (MSTAT, 1988). Para el efecto se hizo un análisis de varianza a las diferentes variables de respuesta y se utilizó diferencia mínima significativa (DMS) para discriminar entre tratamientos.

## B. Ensayo de Campo

### 1. Descripción General del Experimento

El ensayo de campo sirvió para determinar algunas condiciones de manejo que pudieran influir sobre la producción de biomasa de hojas, así como sobre la composición química. Los factores y niveles evaluados se describen en el Cuadro 6. Se utilizó una parcela dividida como estructura de tratamientos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones (Lentner y Bishop, 1986). Cada unidad experimental consistió de cuatro plantas de las cuales se cosecharon las dos centrales. Las parcelas grandes fueron las densidades de siembra. Los distanciamientos asociados con cada densidad fueron 0.75 m x 1.5 m (8,889 p / ha), 1.0 m x 1.5 m (6,666 p / ha) y 1.25 m x 1.5 m (5,333 p / ha). Las sub-parcelas fueron los niveles de N, los cuales incluyeron 0, 150 y 300 kg N / ha. Se realizaron dos cortes con un espaciamiento de aproximadamente 2 meses entre ambos. Las variables de respuesta incluyeron producción de biomasa de hojas completas (pecíolos más folíolos), folíolos aislados y la composición química de los mismos.

Cuadro 6. Descripción de los factores y niveles evaluados en el ensayo de campo. Escuintla, 1999.

Factor	Nivel
Densidad de Siembra (plantas / ha)	8,889, 6,666 y 5,333
Nivel de N (kg N / ha)	0, 150 y 300

### 2. Modelo Estadístico

El modelo estadístico utilizado y que corresponde a parcelas divididas distribuidas en bloques al azar es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + \delta_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde

$\mu$  = media general

$\rho_i$  = efecto de la i-ésima repetición

$\alpha_j$  = efecto del j-ésimo nivel de A,  $j = (1, 2, \dots, A)$

$\delta_{ij}$  = error de la parcela completa

$\beta_k$  = efecto del k-ésimo nivel de B,  $k = (1, 2, \dots, B)$

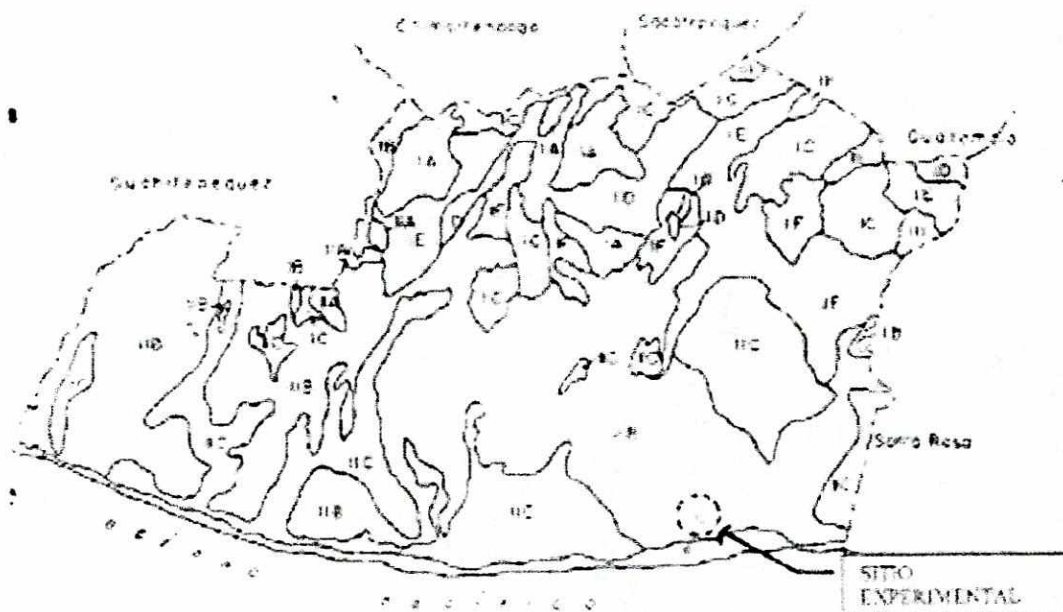
$(\alpha\beta)_{jk}$  = interacción entre el j-ésimo nivel de A y el k-ésimo nivel de B

$E_{ijk}$  = error de la parcela dividida

### 3. Sitio Experimental

Como sitio experimental se escogió un área en la Finca "El Capullo", localizada en el municipio de Masagua, Escuintla (Figura 3). Ésta se encuentra en la zona tropical húmeda a 20 msnm (CENGICANA, 1996). La región tiene un clima húmedo, con una temperatura media de 26°C, temperatura mínima de 21.3°C, temperatura máxima de 32.8°C y precipitación media anual de 2,000 mm. (IGN, 1972). La Humedad Relativa es de 80.3%. La estación seca es de aproximadamente 6 meses, de mediados de noviembre a mediados de mayo.

Ilustración 3. Localización del sitio experimental



#### 4. Manejo del Experimento

El ensayo de campo fue plantado en Octubre de 1998. Se utilizaron estacas apicales de la selección I que tenían  $91.2 \pm 6.7$  cm de altura y un diámetro de  $1.69 \pm 0.33$  cm a 20 cm sobre el nivel del suelo. Debido a que aproximadamente el 10% de las estacas se pudrió, se realizó una resiembra de estacas en el mes de Enero de 1999. A partir de enero hasta el establecimiento del invierno se aplicó un riego de auxilio tres veces por semana.

Debido a la diferencia en la fecha de siembra de algunas estacas, en el mes de marzo se determinó la homogeneidad entre tratamientos mediante la cuantificación del diámetro del tallo, altura de la planta y diámetro de copa. Los resultados (Cuadro 7) indicaron que no hubo diferencia entre tratamientos para los diferentes parámetros cuantificados lo cual garantizó la homogeneidad entre plantas al inicio del experimento.

Cuadro 7. Valores iniciales de altura, diámetro basal y diámetro de copa de las plantas de Chaya evaluadas bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999

Dp <sup>(1)</sup> p / ha	N kg / ha	Altura cm	Des Std <sup>(2)</sup> cm	Diámetro Basal cm	Des Std cm	Diámetro Copa cm	Des Std Cm
8889	0	156.5	29.8	2.8	0.8	65.0	27.7
8889	150	161.8	5.1	2.9	0.2	69.5	2.2
8889	300	161.8	15.9	3.2	0.3	83.2	12.4
6667	0	178.0	26.8	3.7	0.8	84.3	11.4
6667	150	168.7	24.0	3.5	0.9	84.0	18.2
6667	300	155.1	14.2	2.9	0.4	73.5	12.9
5333	0	159.0	9.5	3.4	1.0	80.3	8.1
5333	150	135.7	9.2	2.3	0.2	57.0	4.0
5333	300	148.0	9.2	3.0	0.3	67.7	6.8
	Media	157.5	19.8	3.0	0.5	73.5	14.2
	DMS	NS		NS		NS	

1: Densidad de población, 2: Desviación standard

NS: No significativo ( $p > 0.05$ )

Para fertilizar se aplicó únicamente N de acuerdo a los tratamientos. El nivel de este elemento en el suelo se consideró relativamente bajo, en tanto que el del resto de elementos fue adecuado (Cuadro 8). Se utilizó Urea (46% N) como fuente de N. Las fertilizaciones se realizaron el 26/2/99, 23/4/99 y 8/7/99. En cada aplicación se utilizó 1/3 del nivel total de N. Para fertilizar, primero se limpió el área de goteo para eliminar restos vegetales, luego se removió un poco de suelo, se aplicó la urea en forma circular y por último se aporcó para evitar pérdidas de N.

Cuadro 8. Análisis químico del suelo utilizado para el ensayo de campo.

Parámetros del suelo	Valor	Rango adecuado
PH	6.6	5.5 – 7.2
Concentración de Sales (C.S.)	0.13 dS/m	0.2 – 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	3.7%	2.0 – 4.0
C.I.C.e	15.0 meq/100ml	5.0 – 15.0
Saturación K	8.3%	4% - 6%
Saturación Ca	78.65%	60% - 80%
Saturación Mg	13.0%	10% - 20%
Saturación Al + H	0.0%	< 20%

Elemento	Concentración ppm (p/v)	Nivel			Rango adecuado ppm (p/v)
		Bajo	Adecuado	Alto	
Nitrato N-NO <sub>3</sub>	17.8	XXXXXX			25 – 250
Fosforo P	395.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 – 75
Potasio K	484.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			150 – 300
Calcio Ca	2362.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1000 – 2000
Magnesio Mg	234.6	XXXXXXXXXXXXXX			100 – 250
Cobre Cu	2.5	XXXXXXXXXXXXXX			1 – 7
Hierro Fe	261.6	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 – 250
Manganeso Mn	40.8	XXXXXXXXXX			10 – 250
Zinc Zn	5.3	XXXXXXXXXX			2 – 25
Aluminio Al	< 8.0	X			< 100

Fuente: Reporte de laboratorio de suelos, 1998 (Soluciones Analíticas)

El control de malezas se realizó en forma manual mediante el uso de azadón aproximadamente cada 45 días. Para el control de plagas de insectos se utilizó

Sistemín a razón de 1.0 cc / L agua y para el control de enfermedades fungosas se utilizó Bavistín a razón de 1.5 cc / L agua.

Los cortes de hojas se efectuaron el 15/6/99 y el 21/8/99. En ambos casos se utilizó una escalera de metal ya que las plantas estaban muy altas. La colección del material vegetal se realizó de forma manual. Se determinó el peso fresco en el campo y luego se llevó una sub-muestra al laboratorio para determinar el porcentaje de humedad y poder estimar el peso seco de cada unidad experimental.

Las variables de respuesta incluyeron composición química de los folíolos, altura de la planta y producción de biomasa de hojas completas.

## 5. Análisis

### a. Químico

Para el análisis proximal, vitamina C y glucósidos cianogénicos se utilizaron métodos de la AOAC (AOAC; 1984). Se utilizó el método # 7.003 para humedad, #2.058 para proteína, # 7.061 para lípidos totales, # 7.066 para fibra, #7.009 para ceniza, #43.064 para vitamina C y el # 26.149 para glucósidos cianogénicos.

### b. Estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el uso de MSTAT (MSTAT, 1988). Para el efecto se hizo un análisis de varianza a las diferentes variables de respuesta y se utilizó diferencia mínima significativa (DMS) para discriminar entre tratamientos.

## VI . RESULTADOS

### A. Ensayo de Invernadero

Los resultados del Ensayo de Invernadero se presentan en el Cuadro 9. Los Cuadros A2-3 (Apéndice 2) y 10 presentan el Análisis de Varianza y el valor de los efectos principales de los factores evaluados en el estudio, respectivamente.

En promedio, a las ocho semanas las estacas tenían  $2 \pm 1$  ramas / planta, y  $10 \pm 5$  hojas / planta. Los cogollos tuvieron un peso de  $15 \pm 8$  g / planta en base fresca y  $1.9 \pm 0.9$  g / planta en base seca. Aproximadamente el 50% del peso seco del cogollo correspondió al peso de las hojas. La ganancia en altura de los diferentes tipos de estacas fue de  $8.3 \pm 5$  cm / planta y el porcentaje de sobrevivencia  $91.1 \pm 20.3\%$ .

Los factores evaluados actuaron en forma independiente (Cuadro 10). Excepto para el número de ramas a las cuatro semanas y el % de sobrevivencia, en el resto de las variables hubo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) de la condición inicial de humedad. Se encontró también diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) en la mayor parte de variables como resultado de la longitud de la estaca. La posición de la estaca tuvo influencia únicamente sobre la ganancia en altura.

Las estacas presecadas (Cuadro A2-3) resultaron con mayor ( $p < 0.05$ ) número de ramas y hojas a las cuatro y ocho semanas, así como mayor producción de biomasa y ganancia en altura que las estacas húmedas.

Las estacas largas resultaron con mayor ( $p < 0.05$ ) número de ramas y hojas a las ocho semanas, así como mayor producción de biomasa y mayor ganancia en altura que las estacas cortas.

Las estacas no apicales resultaron con mayor ganancia en altura que las estacas apicales.

Ninguno de los factores estudiados influyó significativamente sobre la sobrevivencia de las estacas, ya que las mismas mantuvieron el mismo comportamiento.

En el Cuadro 11 se presentan los coeficientes de correlación lineal entre las diferentes variables cuantificadas en el estudio. No existió relación ( $p > 0.05$ ) entre la altura de la planta y el % de sobrevivencia vs. el resto de variables. Sí hubo relación ( $p < 0.05$ ) entre la producción de biomasa, el número de ramas y el número de hojas. También hubo relación entre las mediciones efectuadas a las cuatro y ocho semanas.

Cuadro 9. Resultados del ensayo de invernadero para las diferentes variables cuantificadas a las cuatro y ocho semanas después de la siembra de las estacas. Guatemala, 1998.

Trat. <sup>1</sup>	4 Semanas						8 Semanas													
	Ramas No.		Hojas No.		Ramas No.		Hojas No.		Peso Freso Cogollo (g/planta)		Peso Seco Cogollo (g/planta)		Peso Seco Hojas (g/planta)		Peso Seco Cogollo sin Hojas (g/planta)		Ganancia en Altura (cm)		Sobrevivencia (%)	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
ACS	2.1	2.6	6	3.7	1.1	0.4	7	1.7	12.4	4.4	1.6	0.4	0.9	0.3	0.6	0.2	6	2.0	100	0.0
NACS	3	1.6	7	4.1	3.7	1.1	12	6.7	15.7	8.7	1.8	1.1	0.9	0.5	0.9	0.6	11	5.5	86	37.8
ALS	4	3.0	10	4.2	3	2.0	16	7.5	28.3	17.1	3.7	2.2	1.9	1.1	1.8	1.1	13	6.5	100	0.0
NALS	3	1.7	8	4.9	3.3	1.4	16	4.7	22.7	11.3	2.9	1.4	1.4	0.7	1.4	0.7	10	6.3	100	0.0
ACH	1.5	1.3	4	2.8	1	0.9	6	2.6	6.6	5.4	0.8	0.7	0.4	0.4	0.3	0.3	5	6.1	86	37.8
NACH	1.3	0.9	4	2.9	1.4	0.8	8	4.5	8.1	6.2	0.9	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	7	4.3	86	37.8
ALH	1.3	2.2	4	2.3	1.2	0.6	6	2.5	6.9	5.1	0.9	0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	2	1.5	100	0.0
NALH	2.4	1.3	6	3.7	2.3	1.0	12	6.8	16.1	4.6	2.0	0.5	1.1	0.3	0.9	0.2	12	4.7	71	48.8
Media	2.3	1.8	6	3.6	2.12	1.0	10	4.6	14.6	7.9	2.1	0.9	1.1	0.5	0.95	0.5	8.25	5.0	91.1	20.3

1: Tratamientos ACS Apical Corta Seca, ACH Apical Corta Húmeda, NACS No Apical Corta Seca, NACH No Apical Corta Húmeda,

ALS Apical Larga Seca, ALH Apical Larga Húmeda, NALS No Apical Larga Seca, NALH No Apical Larga Húmeda

2: DE = Desviación Standard ( $\pm$ )

Cuadro 10. Valor de los efectos principales de la humedad, longitud y posición de la estaca en la rama bajo condiciones de invernadero. Guatemala, 1998.

Variable	Humedad (A)			Longitud (B)			Posición (C)		
	Seca	Húmeda	DMS <sup>1</sup> <sub>0.05</sub>	Corta	Larga	DMS <sub>0.05</sub>	Apical	No Apical	DMS <sub>0.05</sub>
	No. Ramas 4 semanas	2.5	1.6	NS	1.6	2.5	NS	2.4	1.8
No. Hojas 4 semanas	6.6	3.9	1.4	4.4	6.1	NS	6.0	4.5	NS
No. Ramas 8 semanas	2.4	1.3	0.4	1.6	2.3	a	1.6	2.7	NS
No. Hojas 8 semanas	12.4	6.7	1.9	7.3	11.8	a	8.5	10.6	NS
PF Cogollo (g/planta)	19.77	9.20	3.38	10.48	18.49	a	13.3	15.64	NS
PS Cogollo (g/planta)	2.84	1.13	0.41	1.24	2.37	a	1.71	1.90	NS
PS Hojas (g/planta)	1.30	0.62	0.21	0.70	1.22	a	0.94	0.98	NS
PS Cogollo sin Hojas (g/planta)	1.17	0.52	0.21	0.55	1.14	a	0.78	0.91	NS
Ganancia en Altura (cm)	9.29	6.14	1.93	7.17	8.93		6.53	9.53	1.93
% de Supervivencia	96.42	85.71	NS	89.28	92.85		96.42	85.71	NS

1: Diferencia Mínima Significativa (DMS) con una probabilidad de error de 0.05

NS: No Significativo (p > 0.05)

Cuadro 11. Coeficientes de relación lineal obtenidos entre las variables medidas en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998.

Variable <sup>1</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.92**	0.85**	0.82**	0.89**	0.87**	0.84**	0.84**	0.43 <sup>NS</sup>	0.38 <sup>NS</sup>
2		-	0.91**	0.90**	0.98**	0.98**	0.98**	0.95**	0.52 <sup>NS</sup>	0.44 <sup>NS</sup>
3			-	0.99**	0.95**	0.94**	0.91**	0.96**	0.69*	0.16 <sup>NS</sup>
4				-	0.95**	0.93**	0.90**	0.95**	0.63 <sup>NS</sup>	0.08 <sup>NS</sup>
5					-	1.00**	0.99**	0.99**	0.62 <sup>NS</sup>	0.25 <sup>NS</sup>
6						-	1.00**	0.99**	0.65 <sup>NS</sup>	0.28 <sup>NS</sup>
7							-	0.98**	0.63 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>NS</sup>
8								-	0.72*	0.17 <sup>NS</sup>
9									-	0.11 <sup>NS</sup>
10										-

NS: No Significativo, \* Significativo ( $p < 0.05$ ), \*\* Altamente Significativo ( $p < 0.01$ )

Variables 1 = no. de Ramas a las cuatro semanas, 2 = no. de Hojas a las cuatro semanas, 3 = no. de Ramas a las ocho semanas

4 = no. de Hojas a las ocho semanas, 5 = Peso fresco del Cogollo, 6 = Peso seco del Cogollo, 7 = Peso seco de las Hojas

8 = Peso seco del Cogollo sin Hojas, 9 = Ganancia en altura, 10 = % de Supervivencia

## B. Ensayo de Campo

### 1. Producción de Biomasa

Los resultados de producción de biomasa acumulada y la altura de planta al segundo corte se presentan en el Cuadro 12. La biomasa obtenida en el Corte 1 y Corte 2 se presentan en los Cuadros A-1 y A-2, respectivamente. La producción acumulada de hojas completas de Chaya fue de  $37.64 \pm 10.78$  t / ha en base fresca y  $6.46 \pm 1.85$  t / ha en base seca. El 71% del peso seco de las hojas correspondió al foliolo y el 29% restante al pecíolo. La altura media de plantas fue de  $335 \pm 26$  cm.

El Análisis de Varianza para la producción acumulada de biomasa y altura de planta al segundo corte se presenta en el Cuadro A2-4. Se determinó que los factores evaluados actuaron en forma independiente. La producción de biomasa fue afectada únicamente por la densidad de siembra. La altura de planta no fue influenciada por ninguno de los factores evaluados.

Con base en el valor de los efectos principales de los factores evaluados (Cuadro 13) se determinó que las densidades con una producción significativa de biomasa fueron 8,889 y 6,667 p / ha.

Cuadro 12. Resultados de la cantidad de biomasa acumulada y altura de planta al corte 2 bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

Tratamiento		Biomasa Acumulada												Altura (cm)	
Dp <sup>1</sup> p/ha	N Kg/ha	Peso Fresco Hojas Completas (t / ha)			Peso Seco Hojas Completas (t / ha)			Peso Fresco Foliolos (t / ha)			Peso Seco Foliolos (t / ha)			Media	DE
		Media	DE		Media	DE		Media	DE		Media	DE			
8889	0	28.00	8.57	4.81	1.47	14.71	4.56	3.40	1.05	333.33	53.05				
8889	150	50.82	6.04	8.71	1.06	26.69	3.22	6.16	0.75	346.50	31.21				
8889	300	52.36	15.19	9.00	2.61	27.62	8.04	6.37	1.85	319.50	17.84				
6667	0	31.69	11.17	5.43	1.92	16.56	5.89	3.83	1.36	374.17	34.67				
6667	150	44.41	24.06	7.63	4.14	23.40	12.75	5.40	2.94	350.83	1.44				
6667	300	43.31	7.57	7.44	1.31	22.78	4.07	5.26	0.94	352.50	30.00				
5333	0	29.72	12.44	5.11	2.14	15.67	6.53	3.62	1.51	295.83	37.53				
5333	150	31.30	3.90	5.35	0.62	16.56	2.15	3.82	0.49	310.33	15.01				
5333	300	27.14	8.08	4.66	1.39	14.26	4.36	3.29	1.00	330.83	10.10				
	Media	37.64	10.78	6.46	1.85	19.81	5.73	4.57	1.32	334.87	25.65				

1 = Densidad de Población (plantas / ha)

Cuadro 13. Valor de los efectos principales de los factores densidad de siembra y nivel de Nitrógeno sobre la producción de biomasa bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

Variables	Densidad de Siembra (A) (p / ha)				Nivel de N (B) (kg / ha)			
	8,889	6,667	5,333	DMS <sup>1</sup> 0.05	0	150	300	DMS 0.05
Peso Fresco Hojas Completas (t / ha)	43.73 a	39.80 a	29.39 b	5.61	29.81	42.17	40.93	NS
Peso Fresco Folíolos (t / ha)	22.98 a	20.91 a	15.49 b	3.09	15.65	22.21	21.53	NS
Peso Seco Hojas Completas (t / ha)	7.51 a	6.83 a	5.04 b	0.96	5.12	7.23	7.03	NS
Peso Seco Folíolos (t / ha)	5.31 a	4.83 a	3.58 b	0.70	3.61	5.13	4.97	NS
Altura de Planta (cm)	332.89	358.89	312.11	NS	334.11	335.78	334.0	NS

1: Diferencia Mínima Significativa (DMS) con una probabilidad de error de 0.05

NS: No Significativo

## 2. Análisis Químico

Los resultados de composición química de los folíolos de Chaya bajo condiciones de campo se presentan en el Cuadro 14. En promedio, los folíolos secos de Chaya (selección I) contienen  $13.86 \pm 1.01$  mg de vitamina C / g,  $0.88 \pm 0.16$  mg de HCN / g,  $13.49 \pm 2.03$  g de fibra / 100 g,  $11.11 \pm 0.96$  g de cenizas / 100 g,  $26.52 \pm 1.97$  g de proteína / 100 g y  $10.89 \pm 1.23$  g de grasa / 100 g.

Con base en el Análisis de Varianza (Cuadro A2-5) se determinó que los factores en estudio actuaron independientemente. La densidad de siembra tuvo un efecto significativo tanto en el contenido de vitamina C como en el contenido de proteína. El nivel de nitrógeno no mostró efecto significativo en ninguna de las variables cuantificadas en el estudio.

El valor de los efectos principales evaluados se presentan en el Cuadro 15. La densidad con el mayor contenido de vitamina C fue de 6,667 p / ha seguida por 8,889 p / ha.

Cuadro 14. Resultados de la Composición Química de los Foliolos de Chaya bajo Condiciones de Campo. Escuintla, 1999.

Tratamiento		Vit C (mg / g seco)		HCN (mg / g seco)		Fibra (g/100g seco)		Cenizas (g/100g seco)		Proteína (g/100g seco)		Grasa (g/100g seco)	
Dp <sup>1</sup> p/ha	N Kg/ha	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
8889	0	14.23	1.18	0.81	0.26	16.44	1.78	10.82	0.01	25.75	4.95	11.05	0.35
8889	150	12.93	1.27	0.89	0.09	14.48	0.31	13.07	1.02	24.49	1.97	9.91	0.97
8889	300	15.15	1.01	0.93	0.15	13.82	6.89	10.37	0.91	31.18	1.83	9.42	0.42
6667	0	14.4	1.82	0.82	0.22	12.72	0.77	10.56	2.51	29.17	3.05	10.05	2.05
6667	150	16.62	0.12	0.94	0.16	11.70	0.85	10.87	0.41	29.08	1.12	11.2	2.26
6667	300	14.56	1.31	0.69	0.19	10.4	0.99	9.64	1.32	29.07	1.09	11.25	0.35
5333	0	12.91	0.50	0.99	0.19	15.95	1.83	11.77	0.71	24.1	2.05	12.6	1.27
5333	150	11.14	1.07	0.98	0.0	13.82	2.28	11.89	0.12	22.41	0.67	12.7	1.83
5333	300	12.74	0.82	0.91	0.18	12.14	2.49	10.96	1.63	23.4	0.91	9.9	1.55
	Media	13.86	1.01	0.88	0.16	13.49	2.03	11.11	0.96	26.52	1.97	10.89	1.23

1: Densidad de Población (plantas / ha)

Cuadro 15. Valor de los efectos principales de los factores vitamina C, HCN, fibra, cenizas, proteína y grasa bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

Variable	Densidad de Siembra (A) ( p / ha)						Nivel de N (B) (kg / ha)					
	8,889		6,667		5,333		0		150		300	
	b	a	a	a	c	c	13.85	13.57	0.88	0.94	14.15	14.15
Vitamina C (mg/g seco)	14.11	15.96	12.26	0.62	NS	NS	0.88	13.57	0.94	14.15	NS	NS
HCN (mg/g seco)	0.88	0.82	0.96	NS	NS	NS	0.88	0.94	0.84	0.84	NS	NS
Fibra (g/100g seco)	14.92	11.61	13.98	NS	NS	NS	15.04	13.34	12.12	12.12	NS	NS
Cenizas (g/100g seco)	11.42	10.36	11.55	NS	NS	NS	11.06	11.95	10.33	10.33	NS	NS
Proteína (g/100g seco)	27.14	29.11	23.30	2.93	b	b	26.34	25.33	27.88	27.88	NS	NS
Grasa (g/100g seco)	10.13	10.83	11.73	NS			11.23	11.27	10.19	10.19	NS	NS

1: Diferencia Mínima Significativa (DMS) con una probabilidad de error de 0.05

NS: No Significativo (p > 0.05)

## VII. DISCUSIÓN

### A. Ensayo de Invernadero

El ensayo de invernadero se llevó a cabo con el propósito de conocer el mejor tipo de estaca para la reproducción de Chaya. Se determinó que la condición inicial de humedad y la longitud de la estaca tuvieron un efecto significativo, en tanto que la posición de la estaca en la rama (apical vs. no apical) no tuvo influencia en la mayor parte de parámetros evaluados. Las estacas secas y largas resultaron ser mejores.

Las estacas presecadas tuvieron un incremento significativo en la mayoría de las variables cuantificadas. Esto fortalece la práctica usual del agricultor en secar las estacas antes de plantarlas para obtener una mejor adaptación al momento de la siembra y esperar un mejor desarrollo de la planta. Este resultado difiere de lo reportado por Cifuentes et al. (2000) quien determinó, en forma preliminar, que la condición inicial de humedad de la estaca no tiene influencia en la reproducción de Chaya, a pesar de un ligero incremento en la producción de biomasa obtenida en las estacas secas. Estudios realizados con yuca (*Manihot esculenta*) indican que se obtiene un mejor rendimiento si las estacas son plantadas inmediatamente después de haber sido cosechadas (Montaldo, A., 1979), lo cual sugiere que el tipo de estaca ideal depende del cultivo.

Las estacas largas resultaron con mayor producción de biomasa y ganancia en altura que las estacas cortas. Esto es el resultado de un mayor número de brotes y hojas en las estacas largas. El mayor número de brotes fue a su vez consecuencia de un mayor número de nudos. Las estacas cortas tenían 32 cm sobre el nivel del suelo de la bolsa, mientras que las largas tenían 82 cm. La producción de biomasa seca de cogollos de las estacas largas fue aproximadamente el doble de lo que se obtuvo con las estacas cortas. En un estudio preliminar Cifuentes et al. (2000) reportó que las estacas de 0.75 a 1 m produjeron más que las de 0.5 m. Estudios con yuca también reportan que las estacas largas resultan con mayor número de brotes y mayor producción de raíces (Montaldo, 1979).

En este estudio no se encontró ningún efecto significativo como resultado de la posición de la estaca en la planta madre. Tanto las estacas apicales como las no apicales produjeron lo mismo. Esto difiere de lo reportado por Cifuentes et al. (2,000) quien determinó que las estacas apicales fueron mejores. Sin embargo, en ese estudio las estacas apicales iniciaron con más de un meristemo, lo cual pudo haber influido en los resultados. Al comparar el número de ramas obtenidas en las estacas apicales vs. no apicales de ese estudio se tiene, 4.5 vs. 2.2 ramas para las apicales y no apicales, respectivamente. En este estudio, los resultados fueron a la inversa y menos dramáticos. Se obtuvieron 1.6 vs. 2.1 ramas para las no apicales y apicales, respectivamente. Lo anterior sugiere que al iniciar con un solo meristemo apical, que es lo usual, se obtienen los mismos resultados que con estacas no apicales. Estudios conducidos en yuca muestran diferentes resultados. Por ejemplo, algunos estudios muestran que no existe diferencia entre utilizar estacas apicales y no apicales (Montaldo, 1979), en tanto que para otros investigadores las estacas basales son las mejores.

Se esperaba que el porcentaje de sobrevivencia estuviera influenciado por la condición inicial de humedad de las estacas debido a que el material fresco está más propenso a problemas con pudriciones. Aunque no hubo diferencia significativa, las estacas presecadas tuvieron un mayor porcentaje de sobrevivencia. En seis estacas húmedas se detectó pudrición de la base, y dos de ellas sufrieron pudrición del ápice.

Un aspecto que es importante hacer notar es que el número de ramas a las ocho semanas resultó ligeramente menor que a las cuatro semanas, habiéndose esperado que fuera igual o mayor debido al tiempo transcurrido. Este hecho puede haberse debido a que las ramas empezaron a formarse en las primeras semanas, pero de éstas en formación, únicamente una parte se desarrolló en su totalidad y el resto murió. Esto ocurrió para algunas estacas húmedas que empezaron a morir a las cuales se les detectó la base podrida.

El Cuadro de Coeficientes de Correlación (Cuadro 12) lineal muestra que casi todas las variables, excepto ganancia en altura y % de sobrevivencia, están relacionadas unas con las otras. También se encontró una relación directa entre los resultados obtenidos a las cuatro y ocho semanas. Esto implica que el experimento pudo haberse concluido a las cuatro semanas, ya que aparentemente se obtienen los mismos resultados y que no había necesidad de cuantificar tantas variables.

Encontrar un tipo de estaca que sea idóneo para la reproducción del material que se desee es de importancia para los cultivos. En general, el tipo de estaca depende del cultivo. Estudios de la Heritage Rose Foundation(1988) indican que el mejor rendimiento en el cultivo de rosas lo dan estacas que tengan el ancho de un lápiz o un poco más, que contengan tres nudos por estaca, con hojas sanas y maduras en los dos nudos superiores y que provengan de tallos maduros con cierta cantidad de retoños. Ruiz (1992) determinó que el mejor tipo de estaca para la reproducción de *Eucalyptus dalrympleana*, Maid debe utilizarse estacas basales de retoños del sotobosque cuando hayan llegado a su estado juvenil. Cada estaca con dos o tres pares de hojas y tallos no muy duros.

## B. Ensayo de Campo

### 1. Producción de Biomasa

El ensayo de campo se condujo para determinar el impacto de la densidad de siembra y el nivel de nitrógeno sobre la producción de biomasa y composición química de folíolos. Los factores densidad de siembra y nivel de nitrógeno actuaron independientemente. La producción de biomasa fue influenciada significativamente sólo por la de densidad de siembra. Los tratamientos con mayor densidad de siembra fueron los mayores productores de biomasa. La densidad de 8,889 p / ha produjo 9 % más biomasa seca de folíolos que la de 6,667 p / ha y 32% más que la de 5,333 p / ha. La producción de biomasa se incrementó como resultado del número de plantas ya que la producción por planta se redujo. La producción por planta siguió el siguiente orden: 4.92 kg / p (8,889 p / ha) < 5.51 kg / ha (5,333 p / ha) < 5.97 kg / ha (6,667 p / ha). Estos resultados indican que sí hubo competencia entre plantas, particularmente con las sembradas a altas densidades. Un reflejo de la competencia entre plantas se puede ver con la altura de la plantas, que, aunque no haya sido significativa a las diferentes densidades, sí hubo una diferencia notable. La plantas a la densidad de 6,667 p / ha fueron las más altas (358 cm), seguidas por la densidad de 8,889 p / ha (332 cm) y luego la densidad de 5,333 (312 cm). No se midió el diámetro basal de las plantas, pero éste pudo disminuir con el incremento en la altura como resultado de mayor número de plantas por unidad de área. Esta diferencia en altura está dada por la competencia que

existe entre plantas para recibir luz solar. Al estar a mayores densidades, las plantas tienden a crecer en altura para obtener la luz necesaria.

La aplicación de nitrógeno no tuvo influencia significativa sobre ninguna de las variables cuantificadas. Tomando en cuenta que el suelo en el cual se sembró tenía 36 kg / N / ha, considerado bajo (Cuadro 5), y que la Chaya requiere de aproximadamente 370 kg N / ha / año a 20 msnm (Cifuentes, 1999) es de cuestionar la falta de respuesta a la aplicación de nitrógeno. La cantidad de nitrógeno extraída para la producción de 6.46 ton de hojas completas (con 4.24 % de N) fue de 270 kg N / ha. Si se toma en cuenta que el nivel inicial de nitrógeno en el suelo era muy bajo, se infiere que el resto del nitrógeno que absorbió la planta proviene de la mineralización de la materia orgánica. Considerando que el suelo tenía 3.7 % de materia orgánica, podemos decir que el suelo tiene la capacidad de mineralizar 185 kg N / ha / año. Sabemos, además, que las plantas utilizaron 270 kg N / ha y que el suelo contenía 36 kg N / ha, lo cual suma 221 kg N / ha, cantidad cercana a la extraída. Con esta cantidad de nitrógeno disponible para la planta, la aplicación del mismo no tiene el mismo efecto como si la cantidad de nitrógeno disponible inicial fuera menor. Además debe considerarse que los tratamientos con niveles cero de nitrógeno se encontraban en el campo próximo a cercos vivos, donde existe mayor cantidad de materia orgánica. Aun así se puede apreciar que el tratamiento sin nitrógeno produjo un poco menos que los tratamientos con nitrógeno.

## 2. Análisis Químico

Los factores de densidad de siembra y nivel de nitrógeno actuaron en forma independiente. La densidad de siembra influyó significativamente sobre el contenido de vitamina C y proteína. El contenido de vitamina C y proteína fue mayor en las densidades de 6,667 y 8,889. Los folíolos de plantas sembradas a la densidad de 6,667 p / ha tuvieron 12% más vitamina C que la densidad de 8,889 p / ha y 23% más que la de 5,333 p / ha. En el caso de proteína, la densidad de 6,667 p / ha tuvo 7 % más que la densidad de 8,889 p / ha y 20 % más que la de 5,333 p / ha. Se desconoce cómo un incremento en la densidad de siembra pudo influenciar el incremento de vitamina C y proteína a altas densidades de población.

Debido a que el nivel de nitrógeno no fue significativo para esta variable, se fortalece la hipótesis de que las plantas obtuvieron el nitrógeno de la mineralización de la materia orgánica.

Estudios de utilización de hojas de Chaya como alimentación de aves criollas demostraron que la inclusión de forraje en las dietas afectó negativamente la digestibilidad y el comportamiento productivo de las aves, aunque sí hubo un beneficio económico. En este estudio la digestibilidad de la materia seca fue de 42.1% (Aguilar et al. 2000). Por el contrario, Benavides (1999) determinó un valor de 86.6% para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de Chaya. Además encontró valores de 16.5% para materia seca y de 42.4% para proteína cruda.

En lo que respecta al HCN, se considera tóxico para humanos a niveles de 0.5 – 3 mg / kg peso corporal (Salkowski and Penney, 1994). Para el caso de la yuca (*Manihot esculenta*), Rosling (1987) opina que un ingesta de más de 20mg / 100 g es tóxica, mientras que Bolhius (1954) fijó el nivel de toxicidad en 50 – 60 mg diarios para un adulto europeo. En este estudio se encontraron niveles de 0.88 mg HCN /g base seca. Con esta cantidad de glucósidos, el consumo de la Chaya en fresco no es aconsejable. Contrario a esto, se sabe que el procesamiento de las hojas reduce la cantidad de HCN a cantidades no tóxicas. Por eso es recomendable dar algún tipo de procesamiento antes de consumirla. Solórzano (1997) evaluó, en la selección Cerinal, residuos de glucósidos cianogénicos luego de diferentes tipos de procesamiento. Estos incluyeron cocción en agua hirviendo por 15 min., cocción al vapor por 20 min., cocción en olla de presión por 3 min., cocción en microondas por 8 min. y fritura a 142°C. Con todos éstos, se redujeron los glucósidos cianogénicos a niveles no tóxicos ( $\mu = 0.021 \pm 0.0018$  mg HCN / g hoja).

En el mismo estudio, Solórzano evaluó la retención de vitamina C en hojas de Chaya bajo los mismos tratamientos, al agregar uno de cocción en agua hirviendo con 9 mg NaCl / ml. El tratamiento que retuvo la mayor cantidad de vitamina C fue el de cocción en microondas con el  $73.74 \pm 5.30$  % de la vitamina C inicial. El orden del resto de tratamientos fue el siguiente: cocción al vapor (65% de la vitamina C inicial), fritura ( $43 \pm 8$ ), cocción con NaCl ( $35.1 \pm 0.05$ ), cocción en agua hirviendo ( $23.1 \pm 0.7$ ) y por último cocción en olla de presión ( $11.70 \pm 0.76$ ).

Al la hora de procesar las hojas de Chaya por algún método es importante considerar otros aspectos. En un estudio realizado por Kutis y Torres (1996) se encontró que en las hojas cocinadas de Chaya puede incrementarse la composición relativa de carbohidratos y grasa, mientras que se disminuye la composición relativa de fibra cruda y proteína, comparándolas con muestras de hojas crudas. Por otra parte, las muestras cocinadas tenían una cantidad considerablemente mayor de calcio, fósforo y hierro, mientras que el potasio era menor en las muestras crudas. El incremento de algunos nutrientes minerales puede deberse al proceso de cocimiento el cual permite la extracción de nutrientes del tejido, ya que incrementa así el porcentaje de minerales y reduce el contenido de humedad.

Una variable que cual no fue medida es la cantidad de vitamina A. De acuerdo con Molina-Cruz y Cifuentes (2001), la Chaya contiene 2.5 mg / g en base seca, lo cual es un valor relativamente alto comparado con otras hojas verdes (ver Cuadro 1) Un estudio realizado por Méndez y Salazar (2001) indica que 100g de caldo de Chaya y pinol de Chaya, tal y como se consume la planta en algunas comunidades en Chiquimula, Guatemala, contienen vitamina A suficiente para cubrir el 28% ( $215.39 \pm 64.11$  equivalentes de retinol) de la RDA en hombres y mujeres mayores de 12 años y madres embarazadas). Además cubren más del 40% ( $180.94 \pm 6.09$  equivalentes de retinol) en niños de 1 a 9 años y madres lactantes.

En general comparada con hojas verdes como el bledo, el chipilín, la hierba mora, la espinaca y la acelga, la Chaya posee niveles altos de proteína, carbohidratos, calcio, vitamina A y vitamina C (Cuadro 1). En términos de valor nutritivo promedio, las hojas de Chaya [14.9] son mucho mejor que otros vegetales de hojas verde tales como amaranto [11.3], espinaca [6.4], repollo chino [7.0] y lechuga [5.4] (Grubben 1978).

El resto de las variables de composición tales como fibra, cenizas y grasa no fueron afectadas por ninguno de los factores evaluados, lo cual representa una ventaja, ya que aparentemente son parámetros estables al manejo agronómico.

Con esta información se puede decir que para mejorar la producción y calidad nutricional de los folíolos de Chaya, las densidades de 6,667 y 8,889 p / ha son las más apropiadas.

## VIII. CONCLUSIONES

### A. Ensayo de Invernadero

1. La longitud y la condición inicial de humedad tuvieron un efecto significativo sobre la producción inicial de biomasa. El efecto de la posición de la estaca en la rama no fue significativo.
2. Medido a través de la producción inicial de biomasa, las estacas secas y las estacas largas (1 m) fueron las mejores para la reproducción asexual de Chaya.

### B. Ensayo de Campo

3. La producción de biomasa y composición química de los folíolos de Chaya se vieron afectados únicamente por la densidad de siembra. El efecto de la aplicación de nitrógeno no fue significativo.
4. La producción de biomasa, el contenido de vitamina C y el contenido de proteína se optimizaron con las densidades de siembra de 6,667 y 8,889 p/ha.
5. El contenido de glucósidos cianogénicos, fibra, grasa y cenizas no fue afectado por ninguno de los factores evaluados.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Para la reproducción de Chaya se recomienda utilizar estacas apicales o no apicales de 1 m de longitud previamente secadas a la sombra.
2. Utilizar una densidad de 6,667 a 8,889 p / ha para la siembra de la Chaya en el campo.
3. Evaluar la respuesta de la Chaya a las aplicaciones de N, P y K y micronutrientes en aquellos sitios con un bajo nivel de fertilidad.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar RJ, Santos RR, Pech MV, Montes PR. *Utilización de la hoja de Chaya (Cnidoscolus chayamansa) y de HuaxIn (Leucaena leucocephala) en la alimentación de aves criollas*. Rev Biomed 2000; 11(1): 17-24.
- AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis* (S: Williams, Ed.) 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Bailey, P. y C. Bailey. 1995. *Química Orgánica conceptos y aplicaciones*. 5 ta ed. En Español. Prentice Hall, México. 560pp.
- Benavides, E. Jorge. 1995. *Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería*. Costa Rica.
- Bolhuis, G.G. 1954. *The toxicity of cassava roots*. Neth. 3. Agric. Sci., (2): 176-185.
- Breckon, G.J. 1975. *Cnidoscolus*, section *Calyptosolen* (Euphorbiaceae) in Mexico and Central America. Ph.D. thesis. University of California-Davis.
- Cifuentes, R. 1999. *Composición química y requerimientos nutricionales para la Chaya*, Escuintla, 1999. No publicado.
- Cifuentes, R. 2001. Comunicación Personal.
- Cifuentes, R. y A. Molina-Cruz. 2000. *Impacto de Varios Factores Agronómicos sobre la Reproducción, Producción de Biomasa y Composición Química de Hojas y Cogollos de Chaya (Cnidoscolus aconitifolius, ssp. aconitifolius)*. Universidad del Valle de Guatemala. 66 pp.
- De Landa, D. 1982 *Relación de las Cosas de Yucatán*. 9<sup>a</sup>. Ed. Editorial Porrúa, S.A. México. P. 128
- Donkoh, A.; Kese, A.G., and Atauhene, C.C. 1990. *Chemical composition of Chaya meal (Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) Johnston) and availability of its aminoacids to chicks*. Amin. Feed Sci. Tech. 30: 155-162
- Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala*. 1996, CENGICAÑA
- Grubben, G.J.H. 1978. *Tropical vegetables and their genetic resources*. Int. Board Plant Genetic Resource, FAO-UN, Roma, Italia.
- INCAP / ICNND. 1961. *Tabla de Composición de Alimentos Para Uso en América Latina*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) Guatemala.
- Instituto Geográfico Nacional. 1972. Atlas Nacional de Guatemala.

- Kessler, C.D.J., 1997. *La adaptación, práctica y potencial de la producción de pasturas en la zona henequera de Yucatán: Observaciones de cuatro años de investigación agronómica*. Zoociencia 4
- 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. Y Bishop, T. 1986. *Experimental Design and Analysis*. Valley Book Co. Blacksbutg, VA., 1<sup>st</sup> Ed. U.S.A. 565pp.
- Martin, F.W., y Ruberté, R. 1978. *Vegetables for the hot humid tropics- Part 3. Chaya. Cnidoscolus chayamansa*. U.S. Department of Agriculture, New Orleans.
- Méndez, A. y J. Salazar 2001. *Contenido de Vitamina A en Alimentos Vegetales de Mayor Consumo en las Comunidades Beneficiarias del Instituto Benson*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Meneses, A. 2001. *Caracterización Agromorfológica y Química de 11 Selecciones de Chaya (Cnidoscolus aconitifolius ssp. aconitifolius) Doméstica y Silvestre*. Tesis de Licenciatura. Universidad del Valle.
- Michigan State University. 1988. MSTATC. Crop and Soil Sciences. Users Guide: Statistics, East Lansing., Michigan.
- Molina-Cruz, A. 2000. Comunicación Personal.
- Montaldo, A. 1979. *La Yuca o Mandioca*. Instituto Centroamericano de Ciencias Agrícolas, Editorial, IICA, San José, Costa Rica. 385pp.
- Molina-Cruz, A.; Cifuentes, R., Arias, C. 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*.
- Molina-Cruz, A.; Curley, L.M., y Bressani, R. 1997. *Redescubriendo el valor nutritivo de las hojas de Chaya (Cnidoscolus aconitifolius, Euphorbiaceae)*. Ciencia en acción No. 3. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
- Murray R.K. & Peter A. Mayes. 1998. *Bioquímica de Harper*. 24<sup>a</sup> ed. El Manual Moderno, México, D.F. 1021 pp.
- National Academy of Science, (NAS). 1975. *Underexploited tropical Plants with Promising Economic Value*. Ch 3. Vegetables. Chaya.
- OPS-ILSI. 1991. *Conocimientos actuales sobre nutrición*. 6<sup>a</sup> ed. Organización Panamericana de La Salud-Instituto Internacional de las Ciencias de la Vida, OPS-ILSI, Washigton, D.C.
- Peregrine, W.T.H. 1983. *Chaya (Cnidoscolus aconitifolius): A Potential New Vegetable Crop for Brunei*. Tropical Pest Management 29 (1): page 39-41.

- Propagating Roses from Cuttings. 1988. Heritage Rose Foundation News, January. Texas, EUA.
- Rosling, H., 1987: Cassava toxicity and food security, International Child Health Unit, University Hospital, Uppsala. ISBN 91-971 029-0-3
- Ruiz, J. 1993. (Selection and Vegetative Propagation of *Eucalyptus dalrympleana*, Maid.) Proceedings of IUFRO-AFOCEL meeting: Mass Production Technology for Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species. Bordeaux 14-18/09/1992 Vol II pp: 227-283.
- Salkowski A and Penney D. 1994. *Cyanide Poisoning in Animals and Humans: A Review*. Vet and Human Toxicology. 36: 455-466.
- Solórzano, M. 1997. *Efectos de diversos procesos de cocción y almacenamiento de las hojas de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) en su contenido de vitamina C y glucósidos cianogénicos*. Tesis de Licenciatura. Universidad del Valle.

## XI. APÉNDICE 1



Ilustración 4. Estacas de Chaya utilizadas en el ensayo de invernadero



Ilustración 5. Parcela experimental en Finca "El Capullo"



Ilustración 6. Preparación del suelo para la siembra de las estacas



Figura 7. Siembra de las estacas al campo definitivo



Figura 8. Vista de la parcela experimental después de la siembra de las estacas

Cuadro A2-1. Resultados de la cantidad de biomasa de hojas de Chaya en el primer corte bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

## XII. APENDICE 2

Tratamiento		Corte 1											
Dp <sup>1</sup>	N	Peso Fresco			Peso Seco			Peso Fresco			Peso Seco		
P/ha	Kg/ha	Hojas Completas (t/ha)			Hojas Completas (t/ha)			Foliolos (t/ha)			Foliolos (t/ha)		
		Media	DE	DE	Media	DE	DE	Media	DE	DE	Media	DE	DE
8889	0	13.74	3.01	3.01	2.34	0.51	0.51	6.97	1.52	1.52	1.62	0.35	0.35
8889	150	23.14	3.47	3.47	3.94	0.59	0.59	11.73	1.76	1.76	2.73	0.41	0.41
8889	300	22.54	5.68	5.68	3.84	0.97	0.97	11.43	2.88	2.88	2.66	0.67	0.67
6667	0	17.71	5.29	5.29	3.02	0.90	0.90	8.98	2.69	2.69	2.09	0.63	0.63
6667	150	19.87	9.35	9.35	3.39	1.59	1.59	10.07	4.74	4.74	2.35	1.11	1.11
6667	300	20.44	2.51	2.51	3.48	0.43	0.43	10.36	1.27	1.27	2.41	0.30	0.30
5333	0	12.96	7.48	7.48	2.21	1.27	1.27	6.57	3.79	3.79	1.53	0.88	0.88
5333	150	12.11	1.18	1.18	2.03	0.26	0.26	6.14	0.60	0.60	1.43	0.14	0.14
5333	300	13.20	1.12	1.12	2.25	0.19	0.19	6.69	0.57	0.57	1.56	0.13	0.13
	Media	17.30	4.34	4.34	2.94	0.75	0.75	8.77	2.20	2.20	2.04	0.51	0.51

Cuadro A2-2. Resultados de la cantidad de biomasa de hojas de Chaya y altura de planta en el segundo corte bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

Tratamiento		Corte 2											
Dp <sup>1</sup> p/ha	N Kg/ha	B <sub>1</sub> (t / ha)		B <sub>2</sub> (t / ha)		B <sub>3</sub> (t / ha)		B <sub>4</sub> (t / ha)		Altura (cm)			
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE		
8889	0	14.25	6.08	7.74	3.30	2.46	1.05	1.77	0.76	333.33	53.05		
8889	150	27.68	2.70	14.96	1.51	4.77	0.48	3.43	0.35	346.50	31.21		
8889	300	29.82	9.53	16.19	5.18	5.16	1.65	3.71	1.19	319.50	17.84		
6667	0	13.97	6.21	7.59	3.37	2.42	1.07	1.74	0.77	374.17	34.67		
6667	150	24.54	15.67	13.32	8.51	4.25	2.71	3.05	1.95	350.83	1.44		
6667	300	22.87	6.90	12.42	3.75	3.96	1.19	2.84	0.86	352.50	30.00		
5333	0	16.76	7.49	9.10	4.06	2.90	1.30	2.08	0.93	295.83	37.53		
5333	150	19.19	4.91	10.42	2.67	3.32	0.85	2.39	0.61	310.33	15.01		
5333	300	13.94	7.25	7.57	3.94	2.41	1.25	1.73	0.90	330.83	10.10		
	Media	20.34	7.42	11.03	4.03	3.52	1.28	2.53	0.92	334.87	25.65		

Cuadro A2-3. Suma de cuadrados del análisis de varianza efectuado a las variables evaluadas a las cuatro y ocho semanas en el ensayo de invernadero. Guatemala, 1998.

Fuentes de Variación	GL	4 Semanas				8 Semanas							
		Ramas	Hojas	Ramas	Hojas	Peso Seco del Cogollo	Peso Seco de Hojas	Peso Seco del Cogollo sin Hojas	Ganancia en Altura	Sobrevivencia			
Humedad (A)	1	10.3 <sup>NS</sup>	103.1	17.2	452.0	1565.5	25.308	6.5	6.0	200.64	1607.1 <sup>NS</sup>		
Longitud (B)	1	12.1 <sup>NS</sup>	41.1 <sup>NS</sup>	12.9	287.6	897.4	17.8	3.7	4.9	41.14 <sup>NS</sup>	178.5 <sup>NS</sup>		
A x B	1	1.8 <sup>NS</sup>	20.6 <sup>NS</sup>	3.9 <sup>NS</sup>	75.2 <sup>NS</sup>	163.9 <sup>NS</sup>	2.7 <sup>NS</sup>	0.4 <sup>NS</sup>	0.7 <sup>NS</sup>	28.57 <sup>NS</sup>	178.5 <sup>NS</sup>		
Posición (C)	1	5.8 <sup>NS</sup>	31.5 <sup>NS</sup>	4.1 <sup>NS</sup>	62.4 <sup>NS</sup>	75.3 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	0.3 <sup>NS</sup>	126.00	1607.1 <sup>NS</sup>		
A x C	1	3.5 <sup>NS</sup>	48.3 <sup>NS</sup>	0.2 <sup>NS</sup>	0.9 <sup>NS</sup>	165.4 <sup>NS</sup>	2.8 <sup>NS</sup>	1.3 <sup>NS</sup>	0.6 <sup>NS</sup>	56.00 <sup>NS</sup>	178.5 <sup>NS</sup>		
B x C	1	2.6 <sup>NS</sup>	1.1 <sup>NS</sup>	0.1 <sup>NS</sup>	1.4 <sup>NS</sup>	4.2 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.03 <sup>NS</sup>	0.071 <sup>NS</sup>	178.5 <sup>NS</sup>		
A x B x C	1	0.3 <sup>NS</sup>	3.5 <sup>NS</sup>	3.1 <sup>NS</sup>	58.2 <sup>NS</sup>	209.9 <sup>NS</sup>	3.4 <sup>NS</sup>	0.8 <sup>NS</sup>	0.9 <sup>NS</sup>	132.07 <sup>NS</sup>	1607.1 <sup>NS</sup>		
Error	48	181.4	643.1	59.9	1238.8	3781.0	56.9	15.1	14.2	1243.42	40000.0		
Total	55	217.7	892.5	101.6	2176.5	6862.7	109.3	27.8	27.7	1827.92	45535.7		

NS: No Significativo (p > 0.05)

\* Significativo (p < 0.05)

\*\* Altamente Significativo (p < 0.01)

Cuadro A2-4. Suma de cuadrados del análisis de varianza efectuado a la biomasa acumulada y altura de planta al corte 2 bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

Fuente de Variación	GL	Peso Fresco		Peso Seco		Altura de Planta	
		Hojas Completas	Foliolos	Hojas Completas	Foliolos	Hojas Completas	Foliolos
Repeticiones	2	1010.16*	282.93*	29.93*	15.03*	2236.52 <sup>NS</sup>	
Densidad de Siembra (A)	2	988.23*	269.08*	29.25*	14.43*	9887.63 <sup>NS</sup>	
Error a	4	147.30	44.89	4.35	2.32	5572.15	
Nivel de N (B)	2	835.80 <sup>NS</sup>	234.64 <sup>NS</sup>	24.53 <sup>NS</sup>	12.47 <sup>NS</sup>	17.85 <sup>NS</sup>	
A x B	4	605.65 <sup>NS</sup>	168.58 <sup>NS</sup>	17.97 <sup>NS</sup>	9.00 <sup>NS</sup>	3992.82 <sup>NS</sup>	
Error	12	1516.33	424.52	44.83	22.58	7951.33	
Total	26	5103.47	1424.64	150.85	75.82	29658.30	

NS = No Significativo ( $p > 0.05$ )

\* = Significativo ( $p < 0.05$ )

Cuadro A2-5. Suma de cuadrados del análisis de varianza efectuado a los parámetros de composición química de foliolos secos de Chaya bajo condiciones de campo. Escuintla, 1999.

Fuentes de Variación	GL	Vitamina C	HCN	Fibra	Cenizas	Proteína	Grasa
Repeticiones	1	0.18 <sup>NS</sup>	0.068 <sup>NS</sup>	10.44 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>NS</sup>	3.32 <sup>NS</sup>	0.004 <sup>NS</sup>
Densidad de Siembra (A)	2	26.35 <sup>**</sup>	0.062 <sup>NS</sup>	34.83 <sup>NS</sup>	5.09 <sup>NS</sup>	104.65 <sup>*</sup>	7.78 <sup>NS</sup>
Error a	2	0.247	0.043	17.63	2.44	5.59	1.45
Nivel de N (B)	2	1.03 <sup>NS</sup>	0.028 <sup>NS</sup>	25.73 <sup>NS</sup>	7.93 <sup>NS</sup>	19.87 <sup>NS</sup>	4.51 <sup>NS</sup>
A x B	4	13.92 <sup>NS</sup>	0.059 <sup>NS</sup>	1.67 <sup>NS</sup>	3.13 <sup>NS</sup>	33.52 <sup>NS</sup>	10.22 <sup>NS</sup>
Error	6	10.79	0.178	39.84	10.82	40.16	16.67
Total	17	52.52	0.439	130.15	29.49	207.12	40.64

NS: No Significativo (p > 0.05), \*: Significativo (p < 0.05), \*\*: Altamente Significativo (p < 0.01)