

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas y Forestal



**“CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA Y QUÍMICA  
DE 11 SELECCIONES DE CHAYA (*Cnidocolus acostifolius*, ssp.  
*aconitifolius*) DOMÉSTICA Y SILVESTRE”**

Anabella Meneses Hernández



Trabajo de graduación presentado para optar al  
grado académico de licenciatura en Ingeniería en Ciencias Agrícolas

Guatemala 2000



**"CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA Y QUÍMICA DE 11  
SELECCIONES DE CHAYA (*Cnidóscolus aconitifolius*, *ssp. aconitifolius*)  
DOMÉSTICA Y SILVESTRE".**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ciencias Agrícolas Y Forestal.

**"CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA Y QUÍMICA DE 11  
SELECCIONES DE CHAYA (*Cnidoscolus acostifolius*, *ssp. aconitifolius*)  
DOMÉSTICA Y SILVESTRE".**

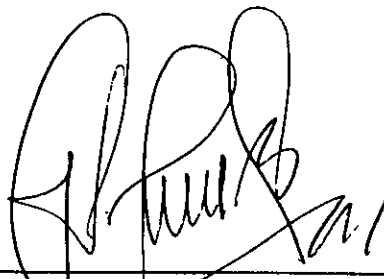
**ANABELLA MENESES HERNANDEZ**

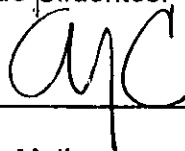
Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de licenciatura  
en Ingeniería en Ciencias Agrícolas.

Guatemala

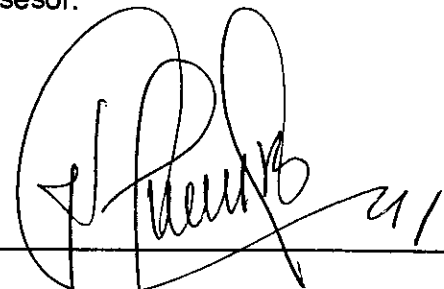
2000

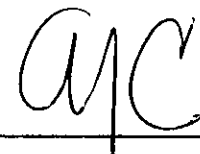
**Vo. Bo. :**

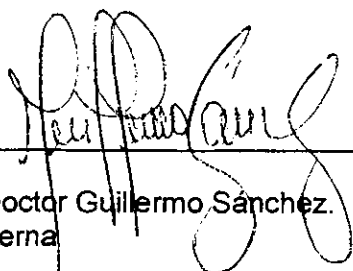
(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Rolando Cifuentes.  
Asesor.

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Alvaro Molina.  
Asesor.

**Tribunal:**

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

(f)   
\_\_\_\_\_  
Doctor Alvaro Molina.  
Terna

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

Fecha de aprobación: 1 de diciembre del 2000.

A Dios,  
a mis familiares y amigos,  
que siempre han estado a mi lado.

## INDICE

	Página.
RESUMEN .....	xiii
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS .....	4
III. HIPOTESIS .....	4
IV. REVISION DE LITERATURA .....	5
A. Clasificación Taxonómica	
B. Descripción Botánica	
C. Distribución Ecológica	
D. Valor nutritivo y medicinal	
E. Reproducción	
F. Manejo agronómico	
V. MATERIALES Y METODOS .....	15
A. Localización del sitio experimental	
B. Condiciones de suelo y clima	
C. Material experimental	
D. Manejo en invernadero	
E. Plan Experimental	
F. Manejo agronómico en el campo	
G. Recolección y manejo de las muestras para el Análisis Químico de los Foliolos	
H. Recolección y manejo de Muestras de Suelo	
I. Metodología utilizada para medir Area Foliar	
J. Análisis efectuados	
VI. RESULTADOS .....	27
A. Evaluación Agronómica	
B. Composición Química de los Foliolos	
C. Caracterización Morfológica	
VII. DISCUSION DE RESULTADOS .....	59
A. Variables Agronómicas	
B. Composición Química de los Foliolos	
C. Variables Morfológicas	
VIII. CONCLUSIONES .....	68
IX. RECOMENDACIONES .....	69
X. BIBLIOGRAFIA .....	70
APENDICE .....	72
Apéndice 1	
Apéndice 2	

**Caracterización Agromorfológica y Química de 11 materiales  
de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*)  
Doméstica y Silvestre.**

**RESUMEN**

La Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*, ssp. *aconitifolius*) es una especie nativa de Mesoamérica que por su riqueza nutricional es apta para mejorar la dieta humana y animal de la región. En este estudio se caracterizaron química y agromorfológicamente cuatro selecciones domésticas y siete silvestres. Se conformaron cinco tratamientos que incluyeron las cuatro selecciones domésticas [(Estrella), II (Picuda), III (Traslapada) y IV (Redonda)] y un tratamiento formado por siete especímenes silvestres. Los tratamientos se arreglaron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables de respuesta incluyeron la producción de biomasa, el índice de área foliar, la velocidad de crecimiento y la calidad nutricional de los folíolos. También se registró una serie de parámetros morfológicos para caracterizar las plantas. Previo al corte que se efectuó a los 80 días después del trasplante al campo definitivo se tomaron lecturas para determinar la velocidad de crecimiento y la morfología de las plantas.

Todas las selecciones estudiadas fueron morfológicamente diferentes. Esto permitió identificar ciertos parámetros específicos de cada selección (ejemplo, área foliar, profundidad del sinus entre el lóbulo secundario y terciario, presencia o ausencia de vellos urticantes y largo y diámetro de peciolo). Aun cuando todos los materiales son diferentes, en promedio la chaya es un arbusto que presenta un nivel de ramificación principalmente secundario o terciario. Posee hojas alternas que son palmatilobuladas. Los folíolos tienen un área de  $378 \pm 91.9 \text{ cm}^2$ . Estos son más anchos que largos ( $W/L = 1.25 \pm 0.01$ ). Los peciolo tienen un largo de  $21.2 \pm 3.8 \text{ cm}$  y un diámetro de  $5.6 \pm 0.7 \text{ mm}$ . Se pudo establecer que al momento del corte la mayoría de las plantas tenía flores, y las silvestres, junto a la selección doméstica II, tenían frutos. Esto indica que durante el proceso de domesticación se pudo haber

modificado el comportamiento de las selecciones domésticas al grado de introducir esterilidad (Selección III).

Se determinó que la biomasa fresca y seca de hojas completas (foliolo + peciolo) y foliolos fue significativamente diferente entre tratamientos. La selección I presentó 82% más material de foliolo seco que el promedio del resto de los materiales. El orden de producción de foliolo seco fue (kg/ha): selección I (1185) > selección II (803.8) > selección silvestre (729.3) > selección III (623.2) > IV (447.7). Asimismo, la selección I presentó las mejores características agro-morfológicas. Esto debido a que, además de presentar una producción significativamente mayor de foliolo seco, presentó un índice de área foliar 108% mayor y una velocidad de crecimiento 30 % mayor al promedio del resto de selecciones (2.87 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> y 1.55 cm/día, respectivamente).

La composición química fue estadísticamente distinta entre selecciones. En base seca, la selección IV presentó un mayor contenido de vitamina C (16.94 mg/g) y la selección III un mayor contenido de ceniza (12.86%). También se determinó que el contenido de humedad de la selección I fue 6% menor al promedio del resto de selecciones (82.06%). Por su bajo contenido de humedad, la selección I presentó el mayor contenido de proteína (7.55%), fibra (2.5%) y grasa (similar al contenido en las silvestres) en base fresca.

En base fresca, la selección I produce 93% más proteína (398 kg/ha) que el promedio del resto de selecciones (206 kg/ha). Esto junto a una mayor producción de biomasa, un mayor índice de área foliar, una velocidad de crecimiento más acelerada (junto a las silvestres) y ausencia de vellos urticantes la hacen deseable para consumo humano y animal.

La composición química media (de los 5 tratamientos) fue (%): humedad de foliolos  $81.15 \pm 0.61$ , de peciolos  $91.19 \pm 0.96$ , proteína en base seca  $31.05 \pm 1.80$ , en base húmeda  $5.85 \pm 1.79$ , grasa en base seca  $7.29 \pm 1.44$ , en base húmeda  $1.37 \pm 1.43$ , fibra en base seca  $12.45 \pm 0.67$ , en base húmeda  $2.35 \pm 0.68$ , ceniza en base seca  $11.14 \pm 0.83$ , en base húmeda  $2.10 \pm 0.83$  y (mg/g) vitamina C en base

fresca  $3.13 \pm 0.27$ , en base seca  $14.85 \pm 1.20$ , HCN en base fresca  $0.39 \pm 0.03$  y en base seca  $1.63 \pm 0.17$ .

En general se concluye que la domesticación de la chaya pudo haber resultado en un cambio significativo en la morfología de las plantas, en cierto modo la composición química de las hojas y una mayor producción de biomasa.

## I. INTRODUCCION

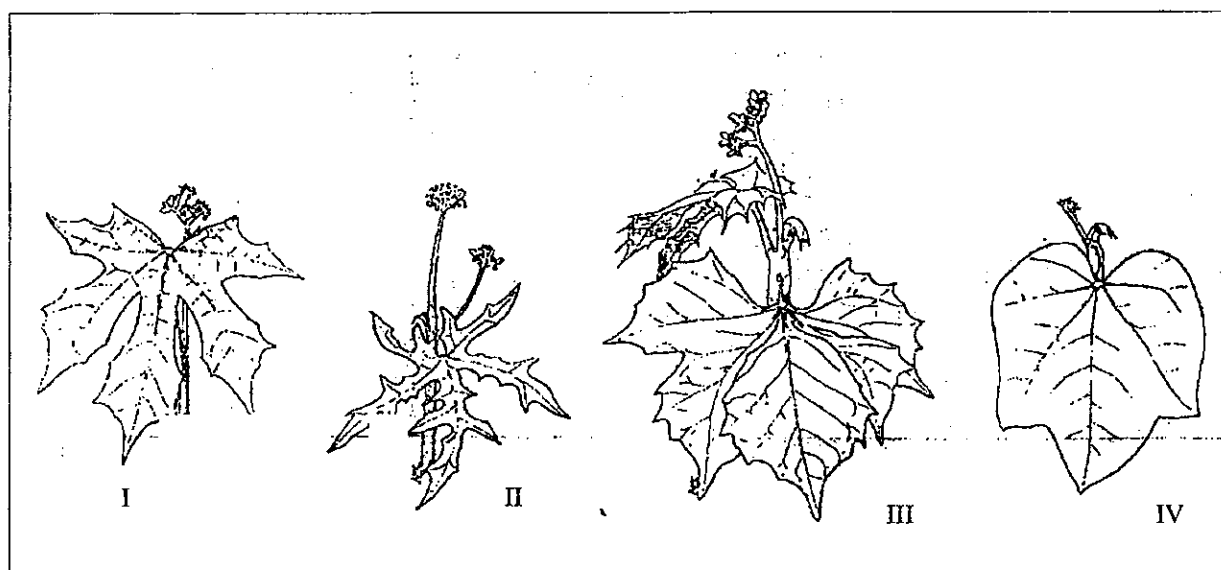
En Mesoamérica existen plantas nativas que por su riqueza nutricional son propicias para mejorar la dieta humana y animal de la región. Por falta de conocimiento muchas de estas plantas son desaprovechadas. Un ejemplo de ello es la Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*, ssp *aconitifolius*) (1), la cual era utilizada para consumo humano en la cultura Maya (2). Al igual que muchas plantas nativas con el tiempo fue olvidada al punto que es encontrada únicamente en algunas huertas de pequeños poblados que la consumen por tradición o herencia ancestral (3).

La chaya es un arbusto de 3 a 5 m de altura que incluye materiales silvestres y domesticados. Se distribuye naturalmente en la parte Noreste de México, la Península de Yucatán y Guatemala. También es encontrada en el resto de Centroamérica pero no se sabe aún si es nativa de esos lugares o si ha sido introducida (1). Se considera que se adapta a una amplia gama de condiciones agro – climáticas que van desde zonas lluviosas con suelos fértiles hasta zonas secas con suelos marginales. También se reporta que aunque puede ser atacada por plagas y enfermedades, los daños a la planta no son significativamente económicos (4). Sin embargo, esto último no ha sido evaluado experimentalmente.

La chaya tiene características nutricionales que podrían proveer algunos nutrientes que son deficientes en la dieta de la mayoría de guatemaltecos y meso - americanos. Estos incluyen vitamina C, provitamina A y proteína (3). El contenido de vitamina C de las hojas de chaya es aproximadamente 7 veces lo que contiene la naranja (59 mg / 100 g de hoja fresca) o el limón (51 mg / 100 g de hoja fresca). El contenido de proteína en base seca es superior al frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) que tiene 25% de proteína, (INCAP, ICNND, 1961). Esto hace de la chaya una planta promisorio como fuente de alimento humano y animal (5).

Por el potencial que dicha planta tiene como cultivo hortícola de alto valor nutritivo, La Universidad del Valle de Guatemala ha hecho una colecta de varios materiales de chaya en el país. Se identificaron cuatro selecciones domésticas

(figura 1) en diferentes puntos de la República. También se recolectaron distintos materiales silvestres que son morfológicamente diferentes a las selecciones domésticas. Excepto para la selección I, actualmente no se ha efectuado alguna evaluación agronómica y de caracterización química de dichos materiales. Con base en el trabajo conducido por Cifuentes y Molina (1999) utilizando únicamente la selección I, se sabe que la producción de biomasa se optimiza con una densidad de siembra de 8,889 p / ha y que este factor, junto al nivel de defoliación de la planta, no tienen influencia en la composición química de la selección I.



**Figura 1. Hojas de las cuatro selecciones domésticas de chayote colectadas en Guatemala. I = Estrella, II = Picuda, III = Traslapada (chayamansa o innermis) y IV = Redonda (3)**

Tomando en cuenta el potencial nutricional de la chayote y la existencia de varios materiales que son morfológicamente diferentes, es necesario conducir un estudio que permita conocer la morfología, el potencial de producción y composición química de cada uno de los materiales colectados en el país.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar química y agro- morfológicamente los distintos materiales de chaya doméstica y silvestre recolectados en Guatemala.

### **B. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar y comparar la morfología de los diferentes materiales colectados.
- Determinar y comparar la producción de biomasa, velocidad de crecimiento, índice de área foliar y composición química de hojas de 11 materiales de chaya.

### III. HIPOTESIS

- Existe diferencia en la morfología, producción de biomasa y/o composición química entre los materiales de chaya

#### IV. REVISION DE LITERATURA

##### A. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de la chaya es la siguiente:

División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida (Dicotiledoneas)
Familia: Euphorbiaceae
Género: <i>Cnidoscolus</i>
Especie: <i>aconitifolius</i>
Subespecie: <i>aconitifolius</i> (1).

##### B. Descripción Botánica

###### **Descripción General:**

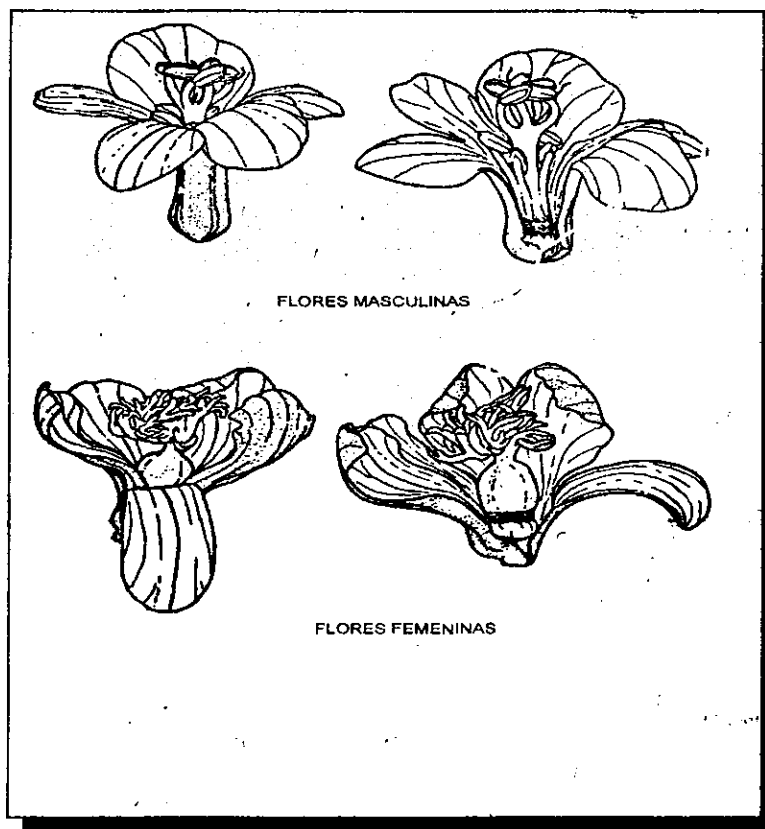
La chaya, *Cnidoscolus aconitifolius*, ssp *aconitifolius*, es descrita botánicamente y de forma generalizada de la manera siguiente:

Los pecioloos son de 10-20 cm de largo, algunas veces más cortos. Usualmente glabrescentes, con excepción en el extremo que se une a la base de la hoja. Los bordes de la hoja son bastante variables en su forma. La mayoría de las hojas son de 10 a 20 cm de largo con 3 a 7 lóbulos profundos o no profundos, agudos o acuminados. La hoja es cordiforme en la base, casi siempre delgada y carnosa cuando el material está fresco. Glabrescente o casi glabrescente sin protuberancias urticantes. Las flores son blancas con sépalos estaminados glabrescentes o minuciosamente pubescentes, sépalos pistilados libres,

espatuladas, 6-9 mm de largo, ovarios pubescentes y cápsula poco - bastante encrespada (6).

Breckon (1975) (1) describe la chaya de la siguiente manera: Hojas palmatilobuladas (3-9 lobulos) con 7-9 venas primarias. El lóbulo apical es de 8.5-16 cm de largo. Es dentado a profundamente pinnatifido, con 4 a 21 dientes. Los lóbulos laterales tienen un largo de 6.8-13 cm y son obovados, a veces asimétricos. Son dentados a profundamente dentados, con las prominencias haciéndose mas largas y numerosas en el margen de la hoja. La base de la hoja es cordada a truncada-cordada, con una profundidad de sinus entre 1.5-6 cm de profundidad. El ápice de la hoja es deltoide o acuminado a cúspido-acuminado. El margen de la hoja es irregularmente ondulado, dentado a profundamente lobado-dentado, con 15-62 prominencias. La parte adaxial de la hoja es verde-verde claro, típicamente glabrescente, a excepción del eje de la hoja que es puberulento a pubescente. Vello urticantes van de presentes a ausentes, encontrados en las venas primarias y ocasionalmente en las secundarias y terciarias. La superficie abaxial es más pálida que la adaxial, típicamente glabrescente exceptuando en las axilas basales de las venas primarias, típicamente pocas y dispersas en la vena primaria. Posee glándulas en forma de papila carnosas en forma de c o de u que nace de una plataforma. Algunas veces se divide en dos. La inflorescencia está compuesta por flores pistiladas o estaminadas. Las flores estaminadas, con 10 estambres, se caracterizan por tener anteras dorsifijas, con filamentos de 5.5-11.3mm unidos en un segmento de 0.6-0.8 de su largo total. Las anteras de la parte baja del conjunto estaminal son filamentos más pequeños de 3-6.6mm de largo, unidos en un segmento de 0.6-0.75 de su largo total. La tela que une la base de los filamentos es pubescente. En la parte inferior de los estambres, se encuentra un disco amarillo con 1-1.7mm de ancho y 0.5-0.8mm de altura, que puede ser lobado a ligeramente discoide o cilíndrico. Es importante mencionar que en la estructura floral estaminada se encuentran 3 apéndices filamentosos estériles. Las flores pistiladas pueden ser campanuladas o tuborotáceas. En pleno desarrollo tienen 4.7-10.4 mm de largo. El perianto es blanco glabrescente a puberulento. Los simpétalos caen 0.50 del largo total. El ovario es ovoide a elipsoide con un largo de 2-2.8 mm y un ancho de 1-

2mm. Es glabrescente y verde, raramente amarilloso. Tiene 3 estilos de 2.2-4mm de largo, unidos en un segmento de 0.08-0.3 de su largo total. El disco basal es de 1-2mm de ancho y 0.3-0.6mm de altura. Posee un estaminoide pequeño (Figura 2). La inflorescencia es dicasia con un largo de 15-42.5 cm y 3-11 cm de ancho. Tiene un pedúnculo de 13-34 cm de largo y 2-7 mm de diámetro en la base de la flor. Existe dicotomización de 2-3 hasta 5 veces. Las flores pistiladas pueden ser sesiles o pediceladas. Las flores estaminadas son sesiles y se encuentran fijas en un pequeño y delgado pedicelo de un poco más de 1mm de largo.



**Figura 2. Flor masculina y femenina de la planta de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*)**

### **Descripción del Cultivar "innermis" o "chayamansa"**

Entre la subespecie *aconitifolius* son distinguidas plantas estériles, las cuales no producen polen ni frutos y que son propagadas solamente por esquejes. Breckon (1975) hace una descripción detallada de un cultivar perteneciente a la subespecie *aconitifolius* que le denomina "innermis" (chayamañsa) y lo describe como sigue: Planta estéril propagada por esquejes que no produce polen ni frutos. El corte transversal del peciolo es cilíndrico cuando está fresco. Este es suculento. La lámina de la hoja es suculenta y flabelada con lóbulos obovados y con venas separadas que van juntándose al ascender a las venas primarias. Los lóbulos se traslapan cuando se presionan entre sí. Los lóbulos obovados abruptamente se tornan en un ápice cuspidado-acuminado. La base de la hoja es ampliamente cordada y glabrescente. Las flores estaminadas son de 6-7 mm de largo, con un perianto cilíndrico y anteras estériles que se encuentran profundamente insertadas en el perianto. Las flores pistiladas son de 10 mm de longitud. No están profundamente insertadas al perianto y caen separadamente (1).

Ruberte (1,978) hace también una descripción del mismo cultivar y lo describe de la manera siguiente: El tallo central tiene aproximadamente 10 cm de diámetro o más en plantas viejas. Las ramas laterales son de 2 a 3 cm de diámetro. La corteza de los tallos es suave, verde cuando es joven y grisáceo cuando está maduro. Al cortar los tallos, exudan un látex blanco. La parte central del tronco está dividida transversalmente por platos o monedas blancas. La madera es suave, fácil de romper y susceptible a la pudrición. Vello urticantes son usualmente encontrados en tallos jóvenes. Las hojas son alternadas, ampliamente truncadas en su base, glabrescentes exceptuando por algunos vellos en el margen e invariablemente lobadas-palmatinadas. Las hojas son más anchas que largas. Las ondulaciones de los lóbulos son profundas que resultan en traslaparse cuando se presionan.

La inflorescencia tiene de 3-4 cimbras. Las flores femeninas se encuentran en la parte proximal de la inflorescencia, mientras que las flores estaminadas nacen

distantemente aunque son mayoritarias (7). Las dos caracterizaciones botánicas que se hacen de la chaya cultivar *innermis* o *chayamansa* (Breckon y Ruberté) hacen referencia a la selección III (traslapada) que es uno de los materiales domésticos recolectados en Guatemala en las regiones del centro del Petén, Mazatenango y Retalhuleu (Referencia personal, Molina Cruz, 2000).

Las tres restantes selecciones que se han identificado como domésticas en la recolecta hecha a nivel nacional (Figura 1) han sido preliminarmente descritas como sigue: La selección I (Estrella) no presenta vellos urticantes, los lóbulos son dentado-picudos y no se traslapan, produce flores y no frutos. Se encuentra ampliamente distribuida desde el nivel del mar hasta 1500-1600 msnm. Se ha encontrado en Baja Verapaz, Santa Rosa, Escuintla, Izabal y Petén. La Selección II (Picuda) tiene lóbulos delgados y picudos que no se traslapan. Produce flores y frutos. Hasta ahora no se conoce el nivel de viabilidad que tienen sus semillas. Se ha encontrado en Jutiapa (900 msnm). La Selección IV (Redonda) se caracteriza por tener únicamente 3 lóbulos no dentados, redondos y bastante anchos. Presenta algunas vellosidades urticantes en el borde de la hoja y en el peciolo. produce flores y no frutos. Se encuentra en el Este del país, de 300 a 900 msnm, en zonas bastante secas como Chiquimula, Jutiapa y Zacapa, (Referencia personal, Molina Cruz, 2000).

### **C. Distribución Ecológica**

La Chaya, *Cnidoscolus aconitifolius ssp. aconitifolius*, se distribuye naturalmente en la Península de Yucatán, Guatemala y la parte norte de Honduras (Figura 2). Se extiende desde el nivel del mar hasta 1500 msnm ocurriendo en número de tipos de clima que en general son libres de heladas y tienen usualmente un alto nivel de precipitación. En México, las especies crecen entre isollotas de 750 y 1500 mm anuales de precipitación. Su crecimiento ocurre naturalmente en un número de tipos de vegetación lluviosos hasta secos, espinosos hasta bosques verdes. Generalmente es encontrada en hábitats perturbados o inestables como cercado de arbustos, matorrales maderables, arroyos rocosos, dunas costaneras y

bosques abiertos. Es encontrada en suelos que van desde arcillas cafés hasta lateritas y en suelos derivados de roca madre ígnea y piedras limosas (1).

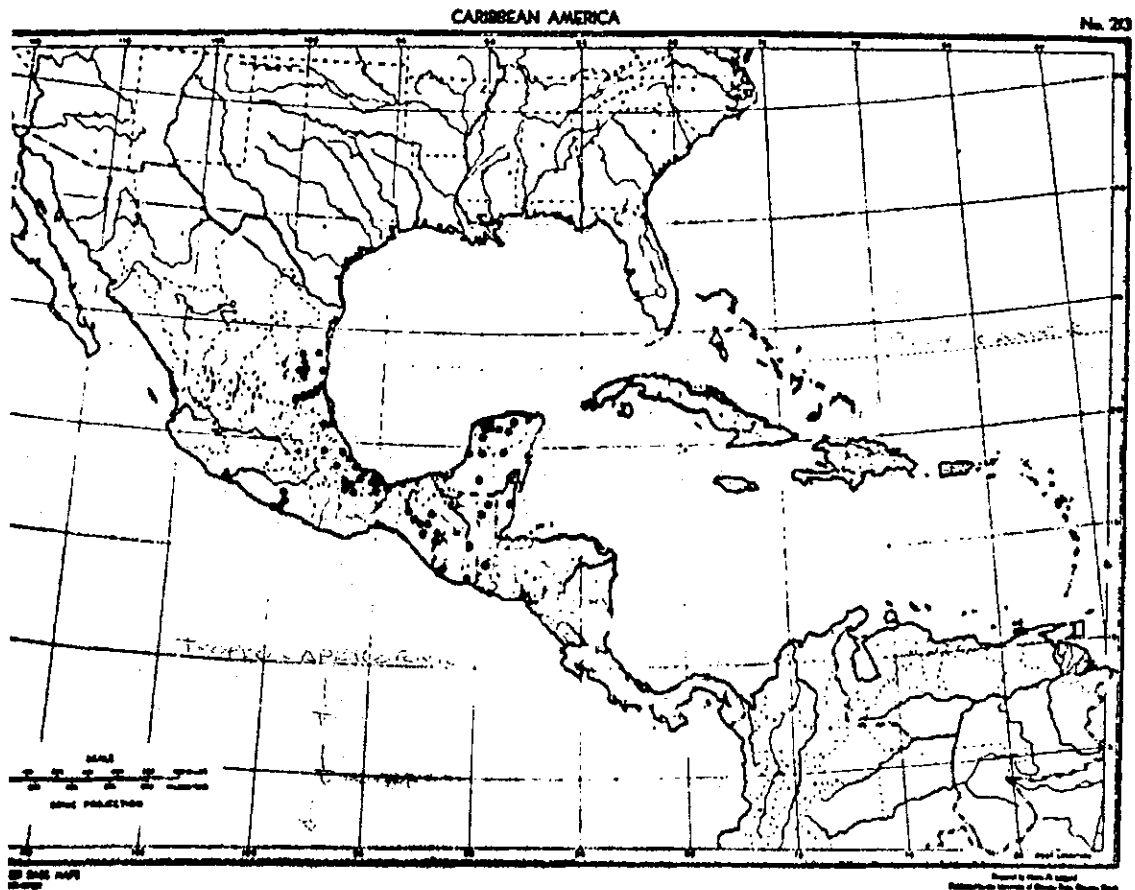


Figura 3. Distribución Natural de la Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*, ssp *aconitifolius*) (1)

#### D. Valor nutritivo y medicinal

La composición de las hojas de chaya la hace fuente importante de vitamina C, pro- vitamina A y proteína. La chaya es comparable con plantas que son conocidas por su alto nivel nutricional como el bledo (*Amarántus spp*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*), hierbamora (*Solanum americanum*) y espinaca (*Spinacia oleracea*) (Cuadro 1). Se puede observar que la Chaya sobresale por su alto contenido en vitamina C, pro-vitamina A y proteína. Estos nutrientes son necesarios en la dieta humana. La vitamina C es importante para el funcionamiento normal del organismo y por ser antioxidante se ha asociado a la prevención del cáncer, además de que puede ayudar a la absorción de hierro cuya deficiencia es uno de los principales problemas de Mesoamérica. El B-caroteno es el precursor de la vitamina A, la cual actúa como antioxidante. Además es esencial para la visión, para el desarrollo embrionario y la prevención de infecciones (OPS-ILSI, 1,991). Al igual que la Vitamina C, la deficiencia de Vitamina A en la dieta de nuestra región es bastante común. El contenido de proteína en las hojas de Chaya es mayor que en plantas como acelga, espinaca y 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 de llevar a cabo actividades estructurales, cinéticas y catabólicas en el organismo (8).

El porcentaje de humedad indica que la cantidad de materia seca es mayor por gramo de hoja en chaya comparado a las otras hojas comestibles que se muestran en el Cuadro 1.

Con base en la calidad nutricional de la chaya, se puede ayudar a disminuir la deficiencia de dichos nutrientes en la dieta. También puede ser una alternativa para la nutrición animal por su alto contenido en proteína y su alto nivel de producción (5.7ton/ha/año), el cual es comparable con la producción de leucaena (4-5ton/ha/año), con lo que refleja un potencial como recurso forrajero (9).

Cuadro 1. Composición de hojas de Chaya (100 g. de hoja comestible).

	Proteína	Grasa	Gramos										Vit. C	Humedad	Energía
			***CH	Fibra	Ceniza	Calcio	Fósforo	Hierro	Vit. A	Vit. B1	Vit. B2	Niacina			
**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
*Chipilin	7	0.8	9	2	1.5	287	72	4.7	3	0.33	0.49	2	100	82	56
*Hierba Mora	5	0.8	7	1.4	1.8	199	60	9.9	0.2	0.18	0.35	1	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	26
*Espinaca	2.8	0.7	5	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	1.6	110	29	3.6	0.9	0.03	0.09	0.4	34	91	27

\* Datos tomados del INCAP-ICNND, 1961.

\*\* Datos promedio de 4 selecciones domésticas crecidas bajo invernadero.

\*\*\* Carbohidratos

## **E. Reproducción**

Existen muy pocos estudios sobre reproducción de la chaya, la cual es fundamentalmente asexual (estaca). Cifuentes y Molina (1,999) evaluaron el efecto de la longitud (50 a 100 cm) y la posición de los esquejes en las ramas de la planta (apicales y no apicales). También se evaluó la condición de humedad (seca o húmeda) de la estaca antes de la siembra. Se determinó que se pueden utilizar estacas apicales y no apicales de 75-100 cm de longitud las cuales se pueden sembrar frescas o después de secarlas a la sombra por 2 semanas, (11). En ese estudio se observó que la estacas brotaron aproximadamente en ocho días. La viabilidad de las estacas resulta favorable si después de haber sido cortadas se les da un manejo adecuado en invernadero, siempre y cuando no tengan exceso de humedad y estén a una temperatura adecuada, (11). Estas condiciones óptimas de humedad y temperatura inciden en un nivel de brotación bastante alto.

## **F. Manejo Agronómico**

En Guatemala se ha evaluado la influencia de la densidad de siembra (5,333 a 8,889 p / ha), nivel de N (0-500 kg /ha) y el porcentaje de defoliación (50-100%) sobre la producción de biomasa de la selección I (Estrella). Se determinó que la densidad ideal de población para una producción óptima de biomasa es de 8,889 plantas / ha (5). Al utilizar el mismo material también se determinó que en suelos moderadamente fértiles es necesaria la aplicación de 250 kg N/ha/año. En suelos con bajo contenido de N inorgánico y bajo contenido de materia orgánica, es necesario aplicar 370 kg. / ha / año que corresponde a la cantidad de N extraída por la planta (Cuadro 2) para producir 108 ton/ha de hoja fresca (44% de peciolo), 16 ton / ha de hoja seca (29% de peciolo), 204 ton / ha de cogollo fresco y 25 ton / ha de cogollo seco (5). Para la colección de biomasa, la planta se puede defoliar completamente sin detrimento de su recuperación y producción (5).

En el estudio que condujeron Cifuentes y Molina (1,999) se determinó que la composición química de las hojas no se vio afectada por la densidad de población, nivel de defoliación y cantidad de N. En el caso de N porque dicho experimento se

condujo en un suelo fértil con un contenido de materia orgánica de aproximadamente 5 %.

**Cuadro 2. Distribución y Extracción de nutrientes por planta de Chaya (Selección I), Escuintla, 1999 (10)**

Parte de la Planta	Peso Seco	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	Kg/ha										
Raíz	3.32±61	2.3	0.67	6.47	3.15	1.46	0.005	0.005	0.076	0.006	0.004
Tallo	1304±116	5.2	1.96	11.74	2.61	2.48	0.008	0.006	0.022	0.011	0.007
Ramas	869±9	4.8	2.61	18.25	4.78	1.13	0.009	0.004	0.031	0.018	0.009
Cogollos sin hojas	3001±750	34.5	16.20	64.52	64.5	17.71	0.045	0.033	0.139	0.139	0.081
Foliolos	5645±1189	272.6	18.06	112.9	84.68	27.10	0.216	0.058	2.058	0.394	0.303
Peciolos	4330±934	49.8	16.45	160.2	93.10	16.45	0.123	0.027	0.187	0.162	0.142
<b>Total</b>	15481	369.20	55.95	374.19	252.82	66.32	0.406	0.133	2.5133	0.73	0.546

## V. MATERIALES Y METODOS

### A. Localización del sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Masagua, departamento de Escuintla. El sitio está ubicado a 20 msnm, 14°00'35" latitud norte y 90°48'54" longitud oeste (Figura 4).

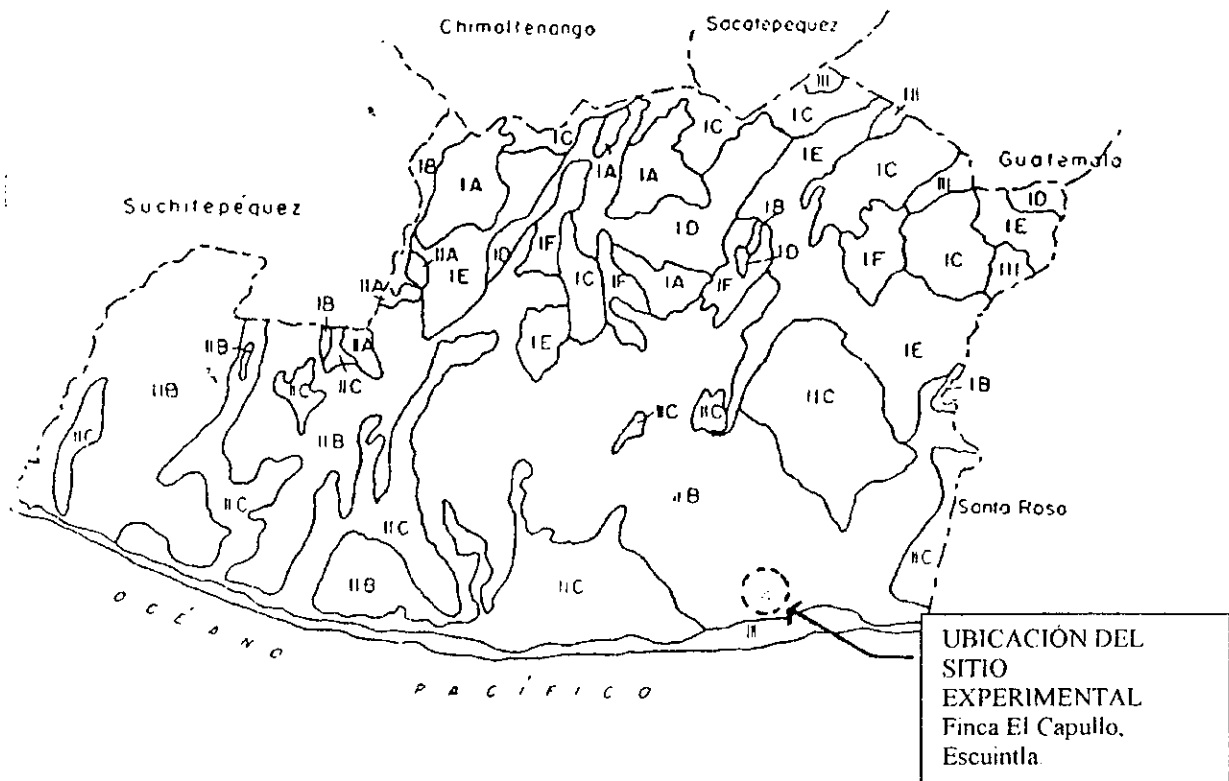


Figura 4. Localización del Sitio Experimental. Escuintla, 2000

## B. Condiciones de suelo y clima

El suelo del sitio experimental está formado por Material Fluvionico Reciente (13). Estos suelos son clasificados como suelos del Litoral del Pacifico, tipo II B (Figura 4).

Según el estudio de suelos hecho por CENGICAÑA, los suelos del área del experimento están clasificados taxonómicamente de la forma siguiente:

Orden: Mollisoles
Suborden: Ustolls
Gran Grupo: Haplustolls
Subgrupo: Pachic Haplustolls Arenosa
Familia: Isohipertérmica.

Estos suelos son planos con pendientes menores al 1%, profundos, bien drenados y sin erosión y con afección por sales en la superficie del suelo o muy cerca de ella (14).

La zona de vida del lugar es Bosque Tropical Muy Húmedo (12). El clima de la región es Cálido-Húmedo. La precipitación media de los últimos 10 años es de 1,682.63 mm. Por los cambios causados por el fenómeno de El Niño se revisó el historial de 1980-1989, del cual la precipitación media se registró de 1391.24 mm, la temperatura media de 26.76 °C, la temperatura máxima de 32.88°C , la temperatura mínima de 21.32°C y la Humedad Relativa de 80.3%. La estación seca es de aproximadamente 6 meses y va de mediados de noviembre a mediados de mayo

### C. Material experimental

El material vegetativo que se utilizó consistió de estacas no apicales de 75 cm de largo. Las estacas se obtuvieron de ramas laterales lo más uniforme posible a manera de obtener esquejes rectos (11). Después del corte, las estacas fueron transportadas al invernadero. Los materiales se recolectaron en los siguientes puntos:

SELECCIÓN	UBICACIÓN			
	Lugar	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud
I	Masagua, Escuintla	20	14°00'12"	90°47'14.64"
II	ICTA, Jutiapa	900	14°17'96"	89°53'52.08"
III	San Martín Zapotitlan, Retalhuleu	524	14°36'24.98"	91°36'25.92"
IV	Aldea Antonbran Cabañas, Zacapa	397	14°56'49.99"	89°44'35.16"
<b>Silvestre</b>				
14	San Andres, Petén.	n.d	n.d	n.d
16	San Andres, Petén.	290	16°58'7.5"	89°55'44.1"
18	San Andres, Petén.	170	16°58'9.0"	89°55'45.1"
19	San Andres, Petén.	285	16°58'6.6"	89°55'45.3"
21	San Andres, Petén.	282	16°58'6.5"	89°55'42.5"
23	San Andres, Petén.	190	16°58'1.7"	89°55'47.8"
31	San Andres, Petén.	304	16°58'16.4"	89°55'31.7"

n.d = no determinado.

#### **D. Manejo en invernadero**

Las estacas se dejaron secar a la sombra antes de ser sembradas. Esto se hizo para secado de la savia, previniendo así la entrada de organismos que ocasionen pudrición de la estaca (11).

A las dos semanas de secado, las estacas se sembraron a 15 cm de profundidad en un suelo húmedo compuesto de 3/4 de tierra negra y 1/4 de arena. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 7 pulgadas de diámetro, 10 pulgadas de largo y 3 milésimas de grosor. El material se dejó por 5 meses a la temperatura del invernadero (aproximadamente 30°C). El riego se efectuó a mano con el uso de un aspersor a una frecuencia de un riego por semana.

El control de plagas se realizó en forma preventiva con una aplicación mensual de fungicida para control de enfermedades fungosas (Bavistin, 1 ml/L de agua) e insecticida para control de plagas de insectos (Sistemín, 0.5-1 ml/L de agua).

No se efectuó un plan de fertilización debido a que de acuerdo al análisis de suelo esto no fue necesario (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Valor Medio de los Parámetros Cuantificados en el Análisis Químico del Suelo Utilizado en el Invernadero, 2000.**

Parámetro	Valor	Rango Adecuado
pH	6	
C.E (dS/m)	0.9	< 0.4
M.O (%)	5	
CICe (meq/100ml)	19.9 ± 0.8	
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	187 ± 5.4	25-250
Fósforo (mg/L)	134 ± 13.2	30-75
Potásio (mg/L)	789.6 ± 36.8	300-500
Calcio (mg/L)	2542.9 ± 88.2	2000-3000
Magnesio (mg/L)	615.1 ± 24.6	250-500
Cobre (mg/L)	4.6	1 - 7
Hierro (mg/L)	204.1 ± 4.6	40 - 450
Manganeso (mg/L)	53.6 ± 0.1	10 - 250
Zinc (mg/L)	11.15	2 - 25
Aluminio (mg/L)	< 8.0	< 100

D.S = Desviación Standard, n=2

**Cuadro 4. Valor Medio de los Parámetros Cuantificados en el Análisis Químico del Suelo Utilizado en Campo, Escuintla, 2000.**

Parámetro	Valor	Rango Adecuado
Textura	franco-arenosa	
pH	6.15 ± 0.1	
C.E (dS/m)	0.14	< 0.4
M.O (%)	3.5 ± 0.3	2 - 4
CICe (meq/100ml)	23.65 ± 0.6	5 - 15
Saturación K (%)	8.25 ± 0.1	4% - 6%
Saturación Ca (%)	68.8 ± 0.3	60% - 80%
Saturación Mg (%)	23 ± 0.4	10% - 20%
Saturación Al+H (%)	0	< 20%
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	17.8 ± 0.6	25-250
Fósforo (mg/L)	188.5 ± 10.6	30-75
Potásio (mg/L)	762.4 ± 9.5	300-500
Calcio (mg/L)	3252.75 ± 71.2	2000-3000
Magnesio (mg/L)	652 ± 28.6	250-500
Cobre (mg/L)	5.5 ± 0.4	1 - 7
Hierro (mg/L)	276.65 ± 15.8	40 - 450
Manganeso (mg/L)	25.6 ± 5.1	10 - 250
Zinc (mg/L)	10.55 ± 1.6	2 - 25
Aluminio (mg/L)	< 8.0	< 100

D.S = Desviación Standard, n=2

## E. Plan Experimental

El estudio consistió en 5 tratamientos que incluye cuatro selecciones domésticas [I (Estrella), II (Picuda), III (Traslapada) y IV (Redondá)] y un conjunto de especímenes silvestres (selecciones 14, 16, 18, 19, 21, 23 y 31). Debido al reducido número de plantas de cada selección silvestre, éstas fueron distribuidas dentro del tratamiento silvestre. Algunos especímenes estuvieron presentes en duplicado y otros un mayor número de veces.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela bruta consistió de cuatro plantas por surco y la parcela neta fueron las dos plantas centrales (Figura 5). No se utilizaron surcos borde debido al distanciamiento entre surcos (1.5m).

El modelo estadístico para este arreglo de tratamientos se define matemáticamente como sigue:

$Y_{ij} = \mu + \delta_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$ , donde,

$\mu$  = Media común

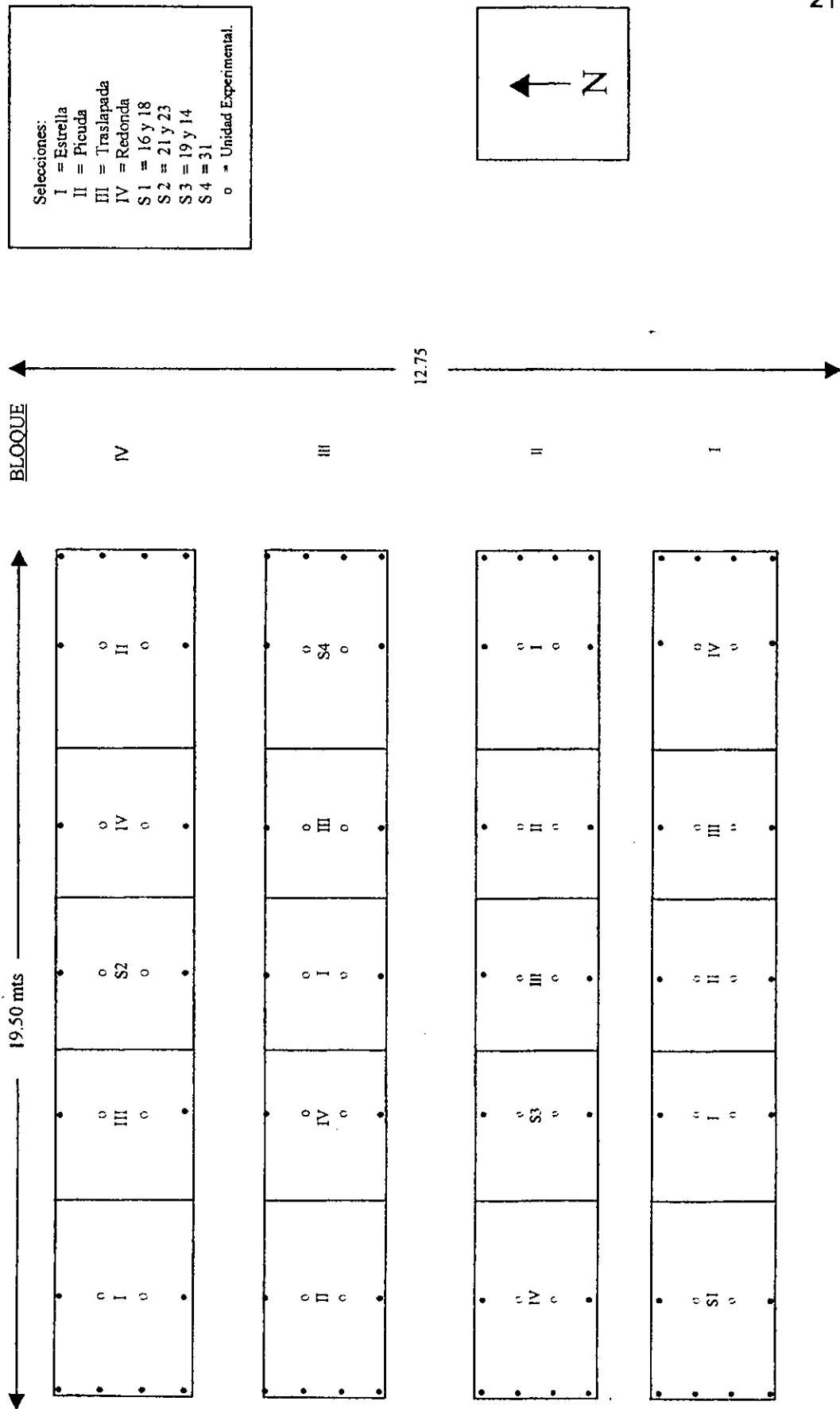
$\delta_i$  = Efecto del  $i$  - ésimo tratamiento,  $i = (1, \dots, t)$

$\beta_j$  = Efecto del  $j$  - ésimo bloque,  $j = (1, \dots, b)$

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental, (15).

Las Variables de Respuesta fueron producción de biomasa, velocidad de crecimiento, índice de área foliar, composición química de los folíolos (porcentaje de proteína, fibra, ceniza, humedad, grasa y contenido de vitamina C y glucósidos cianogénicos) y morfología de las plantas (Apéndice 1).

**Figura 5. Diagrama de Campo Utilizado en la Evaluación de Materiales de Chaya Distribuidos en Bloques al Azar con Cuatro Repeticiones, Escuintla, 2000.**



## **F. Manejo agronómico en el campo**

A los cinco meses de haber estado en invernadero las plantas se trasladaron a campo definitivo antes del inicio de las lluvias.

La parcela experimental fue sometida a laboreo en forma mecanizada. Posteriormente se utilizó un ahoyado de 20 cm de diámetro y 30 cm de profundidad. Se utilizó un espaciamiento de 0.75 m entre plantas y 1.50 m entre hileras. Esto dio como resultado una densidad de 8,889 plantas/ha. Los pilones de cada selección fueron distribuidos y sembrados de acuerdo al diseño experimental establecido para el ensayo.

El control de malezas se efectuó manualmente aproximadamente cada 21 días, en función de la velocidad de emergencia de dichas malezas.

El control de plagas y enfermedades durante el desarrollo de las plantas se realizó en forma preventiva al utilizar fungicida (carbendazín) e insecticida (organofosforado dimetoato) de amplio espectro.

La fertilización se realizó mediante la aplicación de 90 kg de N/ha que representa el 24% de la cantidad total de Nitrógeno que extrae la planta durante el año (Cuadro 2). De acuerdo al análisis químico de suelos no fue necesario aplicar ningún otro nutriente (Cuadro 4). La fertilización se efectuó a los 64 días después del transplante. El fertilizante se distribuyó al voleo en el área de goteo de la planta con un plateo de aproximadamente 5 cm de profundidad y cobertura de tierra.

### **G. Recolección y manejo de las muestras para el Análisis Químico de Foliolos**

Para la determinación de vitamina C y glucósidos cianogénicos se colectaron dos hojas maduras del cogollo de cada planta experimental dos días antes de la cosecha. El material colectado fue transportado en bolsas plásticas al laboratorio e inmediatamente refrigerado (4-6°C). Posteriormente se limpió con el uso de servilletas de papel y se procedió a la extracción y determinación de vitamina C y glucósidos cianogénicos en hoja fresca. Parte del material se utilizó para determinar el contenido de humedad de las hojas por lo que el mismo se colocó en cápsulas de aluminio y fue secado en horno de convección a 60°C hasta peso constante. El porcentaje de humedad fue utilizado para convertir posteriormente el contenido de vitamina C y HCN en base fresca a base seca.

Para la determinación del porcentaje de proteína, ceniza, fibra y grasa se tomaron submuestras de hojas de la cosecha y se pesó en fresco. Este material fue colocado en bandejas de papel aluminio y sometido a secado en un horno de convección a 60°C hasta peso constante. El material seco fue pesado para determinar el porcentaje de humedad de cada variedad. Posteriormente las muestras fueron molidas y almacenadas en refrigeración (4-6°C) y se procedió a efectuar el análisis proximal (% de proteína, humedad, ceniza, grasa y fibra) de las hojas.

### **H. Recolección y manejo de Muestras de Suelo**

Se utilizaron dos muestras compuestas. Cada muestra se formó de 10 submuestras colectadas que siguieron un patrón en zig-zag y tomaron en cuenta los bordes de la parcela experimental. Se utilizó un barreno de acero de una pulgada de diámetro. Cada submuestra fue colectada a una profundidad de 30 cm. El material colectado fue transportado al laboratorio en donde se colocó en papel periódico dejándolo secar por cuatro días para finalmente homogenizarlo y cuartearlo hasta obtener una libra de suelo que se envió para su análisis al laboratorio.

## I. Metodología utilizada para medir área foliar

El área de los folíolos fue tomada en cm<sup>2</sup>. Se colectaron cuatro folíolos por unidad experimental (las últimas en madurar antes de la cosecha), y fueron evaluados 80 folíolos. Se sacó fotocopia de estos. Posteriormente se pesó un cuadro de papel con área conocida así como los folíolos fotocopiados. De estos dos pesos se sacó el área desconocida de los folíolos.

## J. Análisis Efectuados

### 1. Análisis Químico de Folíolos

El análisis químico de las hojas se hizo en triplicado e incluyó Análisis Proximal (% de humedad, proteína, fibra, ceniza y grasa), Contenido de Vitamina C y Glucósidos Cianogénicos.

La metodología que se utilizó se muestra en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Metodología (Association of Oficial Analytical Chemist) (16) utilizada para los análisis de composición química de las hojas de Chaya**

Parámetro	Método
Proteína (Nitrógeno)	2.058
Humedad	7.003
Cenizas	7.009
Grasas	7.061
Fibra	7.074
Acido Cianhídrico	26.151
Vitamina C	43.067

## **2. Análisis Químico de Suelos**

El análisis de suelos se efectuó en duplicado y se realizó en un laboratorio comercial. Los parámetros y resultados se presentan en el Cuadro 4. En los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala se efectuó el análisis de textura del suelo con la Metodología del Hidrómetro (17).

## **3. Análisis Estadístico**

La evaluación de las variables de respuesta que fueron cuantificadas (seis variables Agronómicas, quince Morfológicas y catorce variables Químicas) se llevó a cabo al utilizar el paquete estadístico MSTAT (18) (Crop and Soil Science, Michigan University). El análisis efectuado consistió en un Análisis de Varianza para un diseño de bloques al azar de 5 tratamientos con tres repeticiones para el análisis químico y cuatro repeticiones para los datos botánicos y agronómicos. Para los casos en que hubo diferencia significativa, se efectuó discriminación entre tratamientos mediante la prueba de Duncan utilizando un nivel de significancia menor o igual a 0.05.

Cuadro 6. Variables sometidas a Análisis de Varianza

Agronómicas	Químicas	Morfológicas
Peso Fresco de Hoja Completa (Foliolo + Pecíolo)	Humedad hojas (%)	Area de las hojas (cm <sup>2</sup> )
Peso Seco de Hoja Completa (Foliolo + Pecíolo)	Humedad pecíolos (%)	Area de las hojas / ancho de las hojas (cm)
Peso Fresco de Foliolos	Proteína (B.F) (%)	W/L (ancho hoja / largo hoja)
Peso Seco de Foliolos	Proteína (B.S) (%)	L/l (largo hoja / largo lóbulo apical).
Peso Fresco de Pecíolos	Grasa (B.F) (%)	Largo del diente más largo del lóbulo apical (cm).
Peso Seco de Pecíolos	Grasa (B.S) (%)	Largo del diente más largo / ancho de la base del lóbulo apical.
Índice de área foliar (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Fibra (B.F) (%)	Profundidad del sinus basal (cm).
Altura de la planta (cm)	Fibra (B.S) (%)	Profundidad del sinus entre el segundo y el tercer lóbulo (cm).
Diámetro basal (cm)	Ceniza (B.F) (%)	Largo del pecíolo (cm).
Velocidad de Crecimiento (cm/día)	Ceniza (B.S) (%)	Diámetro del pecíolo (mm).
	Vitamina C (B.F) (mg/g)	% de plantas con flores / parcela.
	Vitamina C (B.S) (mg/g)	% de plantas con frutos / parcela.
	HCN (B.F) (mg/g)	Nivel de ramificación primaria.
	HCN (B.S) (mg/g)	Nivel de ramificación secundaria.
		Nivel de Ramificación Terciaria.

## VI. RESULTADOS

Para una mejor descripción de los resultados se agruparon en: Evaluación Agronómica, Evaluación de la Composición Química de las Hojas y Caracterización Morfológica de las plantas.

Todas las variables cuantificadas como parte de la evaluación agronómica y composición química fueron sometidas a análisis de varianza. Sin embargo, no todas las variables morfológicas se sometieron a análisis por ser variables cualitativas o bien, en el caso de densidad y largo de vellosidades, son variables que no se pudieron cuantificar con exactitud por falta del equipo necesario, por lo que se efectuó una estimación.

## A. Evaluación Agronómica

Los resultados obtenidos para cada una de las variables se presentan en el Cuadro 7. Las Figuras 6 y 7 muestran la velocidad y tendencia en el crecimiento para cada una de las selecciones.

En promedio, para todas las variedades se obtuvo: peso fresco y seco de hoja completa (foliolo + peciolo):  $7453.87 \pm 1895.47$  kg/ha y  $1061.25 \pm 272.99$  kg/ha respectivamente, peso fresco y seco de foliolo:  $3983.55 \pm 1039.55$  kg/ha y  $757.80 \pm 192.84$  kg/ha respectivamente, peso fresco y seco peciolo:  $3481.28 \pm 871.86$  kg/ha y  $303.45 \pm 80.16$  kg/ha respectivamente, índice de área foliar:  $3.5 \pm 1.11$  (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), altura de planta:  $135.16 \pm 11.04$  cm, diámetro basal:  $2.82 \pm 0.18$  cm y velocidad de crecimiento:  $1.64 \pm 0.19$  cm/día.

Con base en el análisis de varianza (Cuadro 8), se obtuvo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la producción de biomasa (hoja completa, foliolo y peciolo) en peso fresco y seco, índice de área foliar, diámetro basal al momento del corte y velocidad promedio de crecimiento.

En la variable altura de la planta, al momento del corte, no se obtuvo diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos. Asimismo, en ninguna de las variables evaluadas se encontró diferencia significativa entre bloques.

La comparación múltiple de medias se presenta en el Cuadro 9. Los resultados muestran claramente la superioridad de la selección I en comparación con los otros materiales domésticos y los silvestres.

Cuadro 7. Resultado de las Variables Agronómicas Cuantificadas en el Ensayo de Campo, Escuintla, 2000.

Selección	Parámetro Estadístico	Hoja Completa		Fololo		Pecolo		Índice de área foliar	Altura de planta(cm)	Diámetro basal(cm)	Velocidad Promedio de crecimiento(cm/día)
		Peso Fresco	Peso Seco	Peso Fresco	Peso Seco	Peso Fresco	Peso Seco				
Silvestre	PROMEDIO	5038.74	985.95	3805.15	729.32	2405.14	258.83	2.07	140.56	2.49	1.71
	MINIMO	2933.37	495.51	1811.84	368.54	1208.75	128.97	0.80	124.13	2.22	1.55
	MAXIMO	9351.23	1579.82	5775.93	1168.47	3853.36	411.15	3.78	154.83	2.77	1.79
	D.S	3131.49	528.98	1934.22	391.29	1290.39	137.86	1.31	13.16	0.23	0.11
I	PROMEDIO	10373.48	1596.76	5775.8	1164.94	4943.81	411.82	5.98	145.82	3.29	2.01
	MINIMO	10148.73	1589.44	5185.51	1164.87	4899.27	404.77	5.29	132.75	3.26	1.75
	MAXIMO	10537.91	1629.93	5385.39	1209.56	5048.51	420.37	6.57	153.88	3.36	2.13
	D.S	189.55	29.32	96.87	21.76	90.77	7.56	0.57	9.18	0.05	0.18
II	PROMEDIO	7753.43	1172.96	3926.88	803.79	3798.31	369.20	3.43	130.68	2.73	1.50
	MINIMO	5613.40	849.23	2842.86	581.93	2749.94	287.29	1.12	124.63	2.51	1.31
	MAXIMO	10649.02	1611.04	5393.1	1103.97	5216.88	507.08	5.63	141.75	2.95	1.70
	D.S	2508.65	379.22	1289.47	258.86	1221.98	119.36	2.34	7.80	0.21	0.19
III	PROMEDIO	7594.52	842.87	4516.23	623.24	3068.05	218.73	2.67	125.75	2.81	1.39
	MINIMO	6146.74	682.27	3855.27	504.43	2497.74	177.84	2.05	115.00	2.60	1.18
	MAXIMO	10068.79	1117.38	5988.4	828.12	4890.85	291.25	3.47	142.00	3.09	1.40
	D.S	1758.63	195.2	1045.8	144.32	714.62	50.88	0.66	11.57	0.21	0.17
IV	PROMEDIO	5781.18	707.59	2593.93	447.71	3173.11	259.68	3.34	133.03	2.78	1.58
	MINIMO	3560.04	437.25	1602.88	276.68	1960.78	180.59	2.54	114.00	2.60	1.17
	MAXIMO	8146.77	1000.59	3668.02	633.10	4487.03	367.49	4.16	145.25	2.87	1.90
	D.S	1891.01	232.25	851.41	148.95	1041.52	85.30	0.66	13.66	0.19	0.32
Media	PROMEDIO	7453.67	1061.25	3883.55	757.80	3481.28	303.45	3.50	135.16	2.82	1.84
	MINIMO	5680.08	808.74	3019.67	578.85	2655.28	218.04	2.36	122.10	2.64	1.38
	MAXIMO	9750.34	1387.71	5241.77	968.24	4538.88	399.47	4.72	147.50	3.01	1.78
	D.S	1895.47	272.96	1039.55	192.84	871.86	80.16	1.11	11.04	0.18	0.19

D.S = Desviación Standard.  
Hoja Completa = Fololo + Pecolo

Figura 6. Velocidad de Crecimiento de los Materiales de Chaya Estudiados a Nivel de Campo, Escuintla, 2,000.

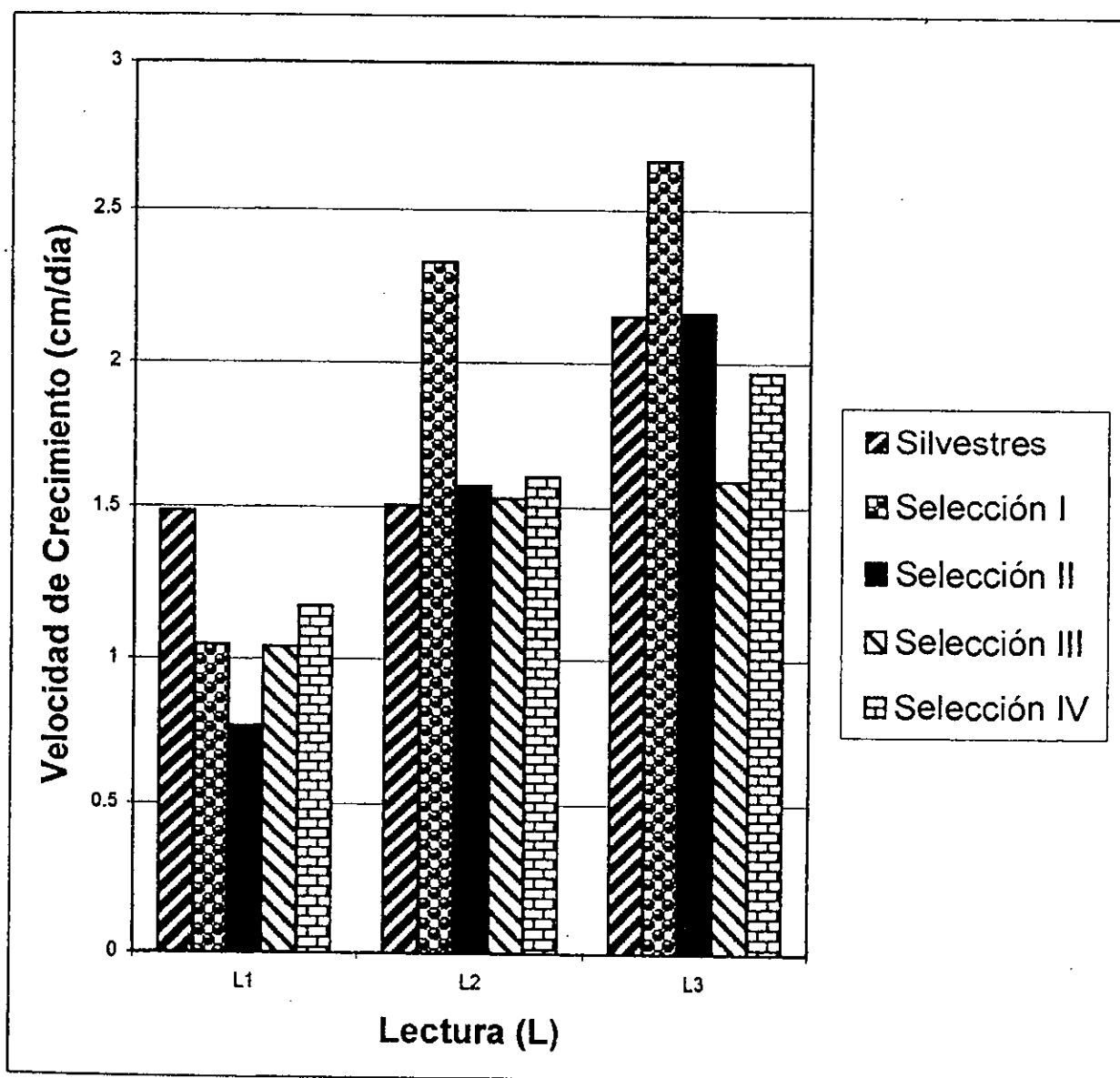
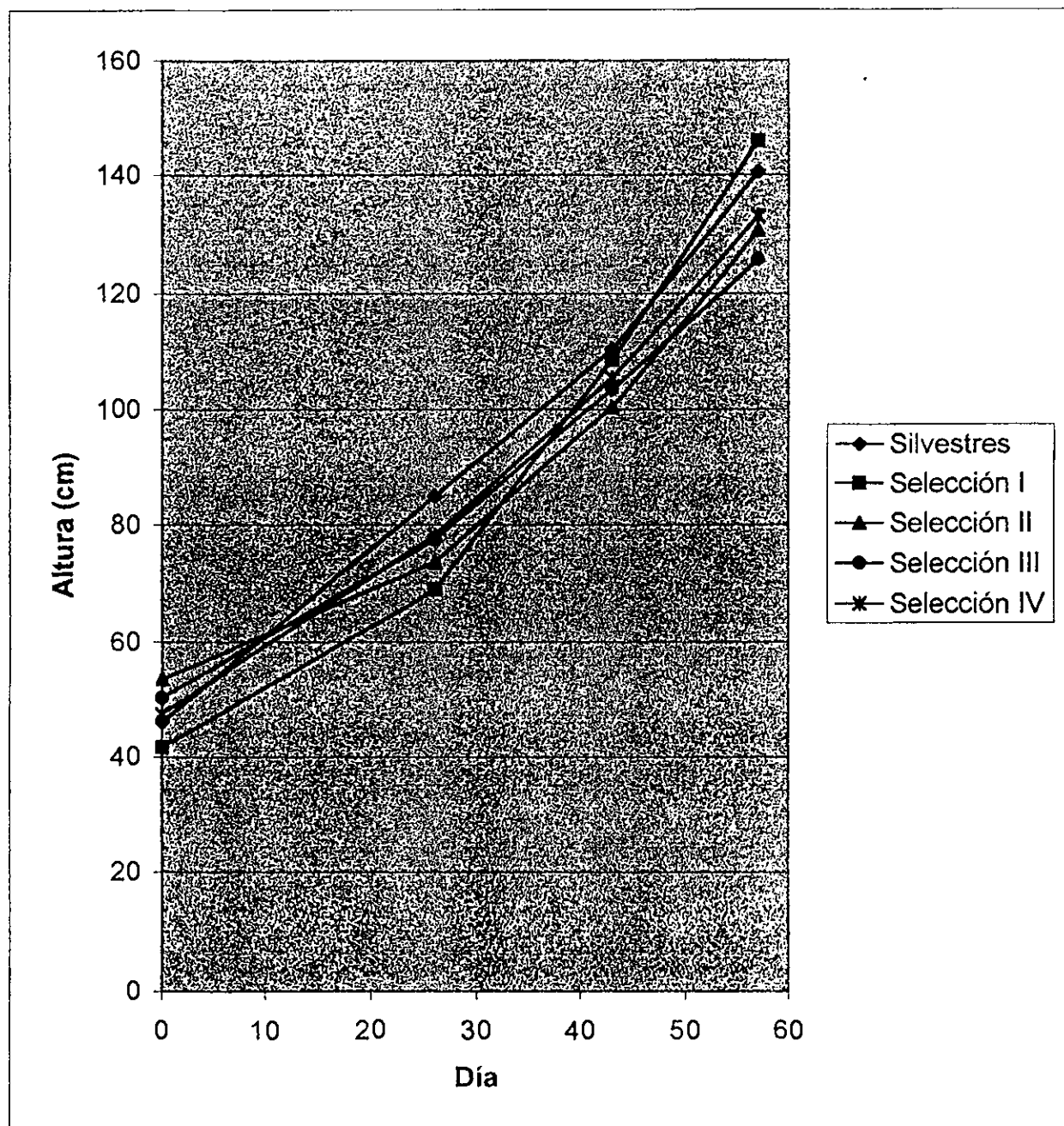


Figura 7. Tendencia en el Crecimiento de cada una de las Selecciones de Chaya a partir del Transplante, Escuintla, 2000.



Cuadro 8. Suma de Cuadrados del Análisis de Varianza Efectuado a las Variables Agronómicas Cuantificadas en el Ensayo de Chaya, Escuintla, 2000.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso Hoja Completa		Peso Folíolo		Peso Pectolo		Índice de área foliar.	Altura al momento del corte	Diámetro al momento del corte	Velocidad de crecimiento de altura
		Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco				
Repetición	3	24348323.54	607072.03	7088063.65	299371.6	5486281.61	54048.79	N.S	N.S	N.S	N.S
Tratamiento	4	55297520.71	1910606.09	16124494.41	1198557.43	14595055.68	108666.53	*	N.S	*	*
Error	12	44033849	842508.35	14454111.77	491222.38	8843912.17	75330.35	20.03	1649.55	0.39	0.63
Total	19	123679683	3460186.47	37666669.83	1989151.42	26925249.46	238045.66	60.97	2933.25	1.89	1.56

\* = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )  
 N.S = no significativo ( $p > 0.05$ ).  
 Hoja Completa = Folíolo + Pectolo

Cuadro 9. Comparación Múltiple de Medias (Duncan) para las Variables Agronómicas con Diferencia Significativa, Escuintla, 2000.

Selección	Peso Hoja Completa		Peso Foliolo		Peso Peciolob		Índice de área foliar (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Velocidad de Crecimiento (cm/día)	Diámetro basal (cm)
	Seco		Seco		Seco				
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco			
Silvestre	5637	966	3605	729.3	2405	256.6	2.07	1.72	2.5
Selección I	10320	1597	5276	1185	4944	411.8	5.99	2.02	3.29
Selección II	7753	1173	3927	803.8	3798	369.2	3.44	1.51	2.74
Selección III	7595	843	4516	623.2	3086	219.7	2.67	1.39	2.81
Selección IV	5761	707.6	2594	447.7	3173	259.9	3.34	1.59	2.76

Hoja Completa = Foliolo + Peciolob

## B. Evaluación de la Composición Química de los Foliolos

Los resultados de composición química de los foliolos se presentan en el Cuadro 10. La composición química media fue (%): humedad de foliolos  $81.15 \pm 0.61$ , de peciolo  $91.19 \pm 0.96$ , proteína en base seca  $31.05 \pm 1.80$ , en base húmeda  $5.85 \pm 1.79$ , grasa en base seca  $7.29 \pm 1.44$ , en base húmeda  $1.37 \pm 1.43$ , fibra en base seca  $12.45 \pm 0.67$ , en base húmeda  $2.35 \pm 0.68$ , ceniza en base seca  $11.14 \pm 0.83$ , en base húmeda  $2.10 \pm 0.83$  y (mg/g) vitamina C en base fresca  $3.13 \pm 0.27$ , en base seca  $14.85 \pm 1.20$ , HCN en base fresca  $0.39 \pm 0.03$  y en base seca  $1.63 \pm 0.17$ .

El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 11. Se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre selecciones para las variables proteína en base húmeda, grasa en base húmeda, fibra en base húmeda, ceniza en base seca, vitamina C en base seca y humedad de los foliolos. La comparación múltiple de medias para estas variables se presentan en el Cuadro 12. Se observa que el contenido de fibra y proteína en base húmeda fue mayor para la selección I, el contenido de proteína en base húmeda fue mayor para la selección I. El contenido de grasa en base húmeda fue menor para las selecciones II, III y IV, el contenido de cenizas en base seca fue mayor para la selección III Y IV y el contenido de vitamina C en peso seco fue menor para la selección II. El contenido de agua fue menor para la selección I.

Cuadro 10. Resultados del Análisis de Composición Química de los Foliolos de Chaya Evaluados Bajo Condiciones de Campo, Escuintla, 2000.

Variedad	Parámetro Estadístico	Humedad		Proteína				Grasa				Fibra				Ceniza				Vitamina C				HCN			
		Foliolo		Foliolo Fresco		Foliolo Seco		Foliolo Fresco		Foliolo Seco		Foliolo Fresco		Foliolo Seco		Foliolo Fresco		Foliolo Seco		Foliolo Fresco		Foliolo Seco		Foliolo Fresco		Foliolo Seco	
		mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%	mg/100	%
Silvestre	PROMEDIO	79.77	89.33	5.99	29.59	1.78	8.79	2.39	11.83	2.25	11.10	3.27	14.98	0.37	1.71												
	MINIMO	77.87	88.53	5.57	25.18	1.33	6.02	2.36	10.96	2.25	10.19	2.80	12.33	0.24	1.05												
	MAXIMO	81.52	90.12	5.90	31.92	2.00	10.82	2.53	13.67	2.13	11.55	3.79	17.02	0.49	2.29												
	D.S.	1.09	1.46	2.38	2.40	1.65	1.87	1.07	1.08	0.54	0.55	0.38	1.77	0.08	0.40												
I	PROMEDIO	77.54	91.67	7.55	33.60	1.74	7.75	2.95	13.12	2.14	9.53	3.33	14.35	0.58	1.62												
	MINIMO	77.23	90.43	6.91	30.34	1.59	8.99	2.96	13.01	1.99	8.73	2.97	12.81	0.36	1.56												
	MAXIMO	77.84	92.92	8.07	36.43	1.82	8.21	2.94	13.27	2.33	10.49	3.79	16.37	0.39	1.69												
	D.S.	0.43	1.76	3.05	3.07	0.86	0.66	0.14	0.14	0.89	0.89	0.42	1.83	0.01	0.06												
II	PROMEDIO	79.53	90.28	6.52	31.86	1.18	5.78	2.63	12.85	2.19	10.69	2.81	12.35	0.43	1.87												
	MINIMO	79.33	90.28	6.24	30.20	0.93	4.48	2.55	12.34	2.13	10.29	2.38	10.49	0.40	1.76												
	MAXIMO	79.73	90.28	6.74	33.27	1.63	8.04	2.72	13.42	2.28	11.26	3.06	13.47	0.46	2.03												
	D.S.	0.28	0.00	1.55	1.55	1.96	1.96	0.54	0.54	0.50	0.50	0.37	1.62	0.03	0.14												
III	PROMEDIO	86.20	92.86	4.50	32.57	1.10	7.96	1.80	13.07	1.77	12.86	3.34	15.62	0.29	1.35												
	MINIMO	85.55	92.46	4.45	30.77	0.88	6.11	1.83	12.69	1.84	12.75	3.24	15.12	0.27	1.28												
	MAXIMO	86.84	93.30	4.41	33.48	1.17	8.91	1.74	13.22	1.91	14.50	3.45	16.10	0.31	1.45												
	D.S.	0.91	0.59	1.54	1.54	1.58	1.80	0.32	0.32	1.56	1.56	0.10	0.49	0.02	0.09												
IV	PROMEDIO	82.74	91.81	4.77	27.63	1.06	6.16	1.96	11.36	1.96	11.54	2.92	16.96	0.28	1.60												
	MINIMO	82.51	91.11	5.82	33.27	0.82	4.72	1.82	10.41	1.92	10.95	2.86	16.63	0.25	1.42												
	MAXIMO	82.96	92.52	5.80	34.02	1.24	7.28	2.18	12.79	2.08	12.22	2.97	17.23	0.30	1.75												
	D.S.	0.32	1.00	0.42	0.43	1.31	1.31	1.26	1.26	0.64	0.64	0.05	0.30	0.03	0.17												
Media	PROMEDIO	81.15	91.19	5.85	31.05	1.37	7.29	2.35	12.45	2.10	11.14	3.13	14.85	0.39	1.63												
	MINIMO	80.50	90.56	5.84	29.95	1.10	5.66	2.31	11.82	2.06	10.58	2.85	13.48	0.30	1.41												
	MAXIMO	81.78	91.83	6.16	33.82	1.58	8.65	2.42	13.27	2.19	12.00	3.41	16.04	0.39	1.84												
	D.S.	0.61	0.96	1.79	1.80	1.43	1.44	0.66	0.67	0.83	0.83	0.27	1.20	0.03	0.17												

D.S = Desviación Standard.

Cuadro 11. Suma de cuadrados del Análisis de Varianza Efectuado a las Variables de la Composición Química de Folíolos de Chaya, Escuintla 2000.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Vitamina C mg/g fresco	Vitamina C mg/g seco	HCN mg/g fresco	HCN mg/g seco	% Proteína B.H	% Grasa B.H	% Fibra B.H	% Ceniza B.H	% Proteína B.S	% Grasa B.S	% Fibra B.S	% Ceniza B.S
Repetición	2	N.S 0.4	N.S 5.08	N.S 0.05	N.S 0	N.S 0.24	N.S 0.04	N.S 0	N.S 0.14	N.S 76.03	N.S 0.53	N.S 0.01	N.S 2.1
Tratamiento	4	N.S 0.77	N.S 34.3	N.S 0.18	N.S 0.43	N.S 14.79	N.S 1.52	N.S 2.66	N.S 0.6	N.S 70.06	N.S 19.4	N.S 7.7	N.S 17.71
Error	8	0.46	8.52	0.2	0.53	1.33	0.67	0.14	0.33	176.85	20.04	4.28	6.13
Total	14	1.63	47.9	0.43	0.97	16.37	2.23	2.8	1.07	322.94	39.98	11.98	25.95

Fuente de Variación	Grados de Libertad	% Humedad Folíolos	% Humedad Peciños
Repetición	1	N.S 0.73	N.S 0.01
Tratamiento	4	N.S 91.23	N.S 15.57
Error	4	0.47	5.71
Total	9	82.43	21.29

\* = diferencia significativa ( $p < 0.05$ )N.S = no significativo ( $p > 0.05$ )

B.S = Base Seca

B.H = Base Humeda

Cuadro 12. Comparación Múltiple de Medias (Duncan)  
para la Composición Química de los Folíolos de Chaya, Escuintla, 2000.

	Humedad en Hojas		Ceniza (B.S)		Vitamina C (B.S) mg/g hoja seca
	Porcentaje				
Silvestre	79.77	c	11.11	b	14.99 a
Selección I	77.54	d	9.53	c	14.35 b
Selección II	79.54	c	10.69	b	12.86 c
Selección III	86.2	a	12.86 a		15.62 a
Selección IV	82.74	b	11.54 a	b	16.94 a

B. S = Base Seca

	Proteína (B.H)		Grasa (B.H)		Fibra (B.H)
	Porcentaje				
Silvestre	5.99	b	1.78 a		2.4 b
Selección I	7.55	a	1.74 a		2.95 a
Selección II	6.52	b	1.19	b	2.63 b
Selección III	4.5	c	1.1	b	1.81 c
Selección IV	5.83	b	1.07	b	1.97 c

B. H = Base Humeda

### C. Caracterización Morfológica

Los resultados de las variables de caracterización morfológica sometidas a análisis de varianza se presentan en el Cuadro 13. En promedio, los folíolos de chaya tienen un área de  $378.05 \pm 91.94 \text{ cm}^2$ , una relación ancho/largo (W/L) de  $1.25 \pm 0.09$ , largo de lámina / largo de lóbulo apical (L/l) de  $1.44 \pm 0.28$ , profundidad de sinus basal de  $3.80 \pm 0.81 \text{ cm}$  largo de peciolo de  $21.19 \pm 3.80 \text{ cm}$ . y diámetro de peciolo de  $5.63 \pm 0.79 \text{ mm}$ . Se puede observar que el material silvestre es el que presentó los valores más altos en la desviación estándar. Las variables también muestran que al momento del corte, únicamente la selección IV no había floreado. Se encontraron frutos en todas las plantas de la selección II y en los materiales silvestres.

El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 14 y la comparación múltiple de medias se presenta en el Cuadro 15. Se determinó diferencia significativa entre tratamientos para todas las variables cuantificadas. La diferencia significativa en el valor de los parámetros indica que algunos de ellos se pueden utilizar para diferenciar entre selecciones.

Los materiales silvestres se agruparon por afinidad de algunas características que se presentan en el Cuadro 16. Se aprecia que todos los materiales silvestres difieren entre sí.

Los resultados de las variables que no fueron sometidos a análisis de varianza se presentan en el Cuadro 17. Se observa que los materiales domésticos varían entre sí y son morfológicamente distintos a los silvestres.

Con base en las características morfológicas evaluadas, tomadas desde la siembra de los materiales en campo definitivo hasta la cosecha de hojas de las plantas a los 80 días después del transplante, a continuación se hace una descripción de los distintos materiales.

Cuadro 13. Resultado de las Variables Morfológicas de Chaya Somedidas a Análisis de Varianza. Escuintla, 2000.

Variedad	Parámetro Estadístico	Área de los Folíolos (cm <sup>2</sup> )	Área de los Folíolos / ancho de los Folíolos (cm)	W/L	L <sub>1</sub>	Longitud del diente más grande/inchaboc	Longitud del diente más grande (cm)	Longitud del diente más grande/inchaboc base lob. sup.	Probabilidad de alisar base (cm)	Probabilidad de alisar entre 2 de 7.2er lóbulo (cm)
Silvestre	PROMEDIO	444.68	13.06	1.22	1.35	5.42	1.15	3.86	3.86	9.02
	MINIMO	331.75	12.22	1.02	1.14	1.80	0.18	3.53	5.20	5.20
	MAXIMO	587.44	14.90	1.27	1.24	8.21	1.73	5.85	11.63	11.63
	D.S	110.48	1.28	0.18	0.18	8.58	0.89	1.92	7.30	7.30
I	PROMEDIO	387.62	12.88	1.33	1.25	1.30	0.35	3.97	3.97	8.50
	MINIMO	333.33	11.88	1.27	1.13	0.98	0.24	3.65	7.85	7.85
	MAXIMO	513.38	13.08	1.38	1.28	1.55	0.43	4.53	10.43	10.43
	D.S	78.79	1.28	0.04	0.08	0.29	0.06	0.36	0.36	1.22
II	PROMEDIO	208.11	8.56	1.40	1.20	5.04	1.95	4.82	4.82	8.39
	MINIMO	188.71	7.17	1.20	1.13	3.75	1.60	4.16	7.20	7.20
	MAXIMO	258.58	10.10	1.48	1.29	6.27	2.25	5.83	9.79	9.79
	D.S	43.95	1.31	0.14	0.79	1.08	0.27	0.50	0.50	2.57
III	PROMEDIO	355.88	13.50	1.28	1.44	0.73	0.15	2.75	2.75	0.00
	MINIMO	272.79	11.64	1.20	1.39	0.73	0.13	2.30	2.30	0.00
	MAXIMO	469.85	15.22	1.33	1.48	0.74	0.16	2.71	2.71	0.00
	D.S	85.28	1.73	0.08	0.04	0.01	0.01	0.50	0.50	0.00
IV	PROMEDIO	493.77	16.62	1.04	1.94	0.00	0.00	3.60	3.60	0.00
	MINIMO	309.64	15.53	0.98	1.88	0.00	0.00	3.05	3.05	0.00
	MAXIMO	637.78	21.38	1.08	2.41	0.00	0.00	4.68	4.68	0.00
	D.S	143.21	2.51	0.04	0.33	0.00	0.00	0.73	0.73	0.00
Media	PROMEDIO	378.05	13.32	1.25	1.44	2.50	0.72	3.60	3.60	5.18
	MINIMO	282.84	11.69	1.13	1.29	1.43	0.43	3.34	3.34	4.05
	MAXIMO	489.01	14.93	1.31	1.54	3.35	0.91	4.72	4.72	6.37
	D.S	91.94	1.62	0.08	0.28	1.59	0.21	0.81	0.81	2.22

Variedad	Parámetro Estadístico	Longitud de Pecíolo (cm)	Diámetro de Pecíolo (mm)	% de plantas con 1 o más borrajes / pecíolo	% de plantas con 2 o más borrajes / pecíolo	% de plantas con 3 o más borrajes / pecíolo	Nivel de Clasificación Primaria	Nivel de Clasificación Secundaria	Nivel de Clasificación Terciaria
Silvestre	PROMEDIO	22.96	6.00	68.75	1.57	3.00	1.57	4.38	2.69
	MINIMO	16.85	5.50	0.00	1.50	2.50	1.50	3.62	2.38
	MAXIMO	27.87	6.50	100.00	1.62	3.50	1.62	5.12	3.00
	D.S	6.11	0.41	47.32	0.08	0.08	0.08	1.06	0.44
I	PROMEDIO	24.26	4.81	0.00	8.25	3.00	3.00	7.00	0.00
	MINIMO	18.70	4.50	0.00	0.00	2.50	2.50	2.50	0.00
	MAXIMO	33.25	5.50	0.00	25.00	3.50	3.50	6.75	0.00
	D.S	4.11	0.47	0.00	12.50	0.72	0.72	3.01	0.00
II	PROMEDIO	19.75	4.13	100.00	100.00	100.00	1.87	5.87	7.63
	MINIMO	14.50	3.50	100.00	100.00	100.00	1.75	5.25	5.25
	MAXIMO	24.20	5.00	100.00	100.00	2.00	2.00	6.50	10.00
	D.S	1.14	0.86	0.00	0.00	0.18	0.18	0.88	3.36
III	PROMEDIO	12.96	7.08	0.00	100.00	1.50	1.50	9.75	5.50
	MINIMO	12.25	5.75	0.00	100.00	1.25	1.25	9.00	2.75
	MAXIMO	14.75	8.25	0.00	100.00	1.75	1.75	10.54	8.25
	D.S	3.24	1.25	0.00	0.00	0.35	0.35	0.09	3.89
IV	PROMEDIO	28.00	6.13	0.00	0.00	1.12	1.12	7.13	0.50
	MINIMO	22.75	5.00	0.00	0.00	1.00	1.00	5.90	0.00
	MAXIMO	29.88	7.75	0.00	0.00	1.25	1.25	10.00	1.00
	D.S	4.42	1.16	0.00	0.00	0.18	0.18	2.30	0.71
Media	PROMEDIO	21.19	5.63	33.75	60.00	1.81	1.81	6.82	3.28
	MINIMO	17.81	4.85	20.00	55.00	1.60	1.60	5.17	2.08
	MAXIMO	25.99	6.60	40.00	65.00	2.02	2.02	7.53	4.45
	D.S	3.80	0.79	9.46	5.00	0.30	0.30	1.47	1.88

D.S = Desviación Standard.  
n = 16. (4 por unidad experimental, 1 por planta)

Cuadro 14. Suma de Cuadrados del Análisis de Varianza Efectuado a las Variables de Morfología de Chaya, Escuintla, 2000.

Fuente de Variación	G.l.	Área de los Folíolos	A/W	W/L	I/I	Largo del diente más largo.	Largo del diente ancho basal del lób. Ap.	Profundidad sinus basal	Profundidad sinus entre 2o y 3er lób.	Largo peciolo.	Diámetro de peciolo.	% de plantas con flores parcelas.	% de plantas con frutos/ parcela.	Nivel de ramificación primaria	Nivel de ramificación secundaria	Nivel de ramificación terciaria
Repetición	3	N.S 51835.72	N.S 14.9	N.S 0	N.S 0.11	N.S 11.41	N.S 0.31	*	N.S 14.32	N.S 54.66	N.S 1.76	N.S 0	N.S 1343.75	N.S 0.01	N.S 2.03	N.S 14.1
Tratamiento	4	** 189184.1	** 204	** 0.3	** 1.4	** 103.26	** 10.72	*	** 358.96	** 422.35	** 21.47	** 43312.5	** 36125	** 4.09	*	85.29
Error	12	95187.42	27.7	0.1	0.36	25.12	1.36	7.68	20.04	202.36	9.46	937.5	5375	0.68	6.41	13
Total	19	336207.3	247	0.5	1.87	139.79	12.39	24.53	393.34	679.36	32.69	44250	42843.75	4.79	39.6	112.39

\*\* = Diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ )\* = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )N.S = no significativo ( $p > 0.05$ )

Cuadro 15. Comparación Múltiple de Medias (Duncan) para las Variables Morfológicas con Diferencia Significativa, Escuintla, 2000.

Variedad	Área de los folíolos (cm <sup>2</sup> )		Área/W (cm)	W/L		L/I	Largo del diente mas grande (cm)	Largo del diente más grande/ ancho basal lob.ap.	Profundidad sinua basal	Profundidad de sinus entre 2o v 3er lob.	Largo de Pecíolo (cm)	Diámetro Pecíolo (mm)	
	Folios a	b		a	b							a	b
Silvestre	444.7	13.07	b	1.23	a	1.95	5.42	1.16	3.87	9.03	22.97	6	a
Selección I	387.8	12.89	b	1.34	a	1.26	1.3	0.38	3.98	8.5	24.27	4.82	b
Selección II	208.1	8.56	c	1.41	a	1.21	5.02	1.98	4.83	8.4	18.75	4.13	c
Selección III	355.9	13.5	b	1.28	a	1.44	0.73	0.15	2.76	0	12.96	7.03	a
Selección IV	493.8	18.63	s	1.04	b	1.94	0	0	3.61	0	26	6.13	a

Variedad	Porcentaje de plantas con flor/parcela		Porcentaje de plantas con fruto/parcela		Ramas Primarias		Ramas Secundarias		Ramas Terciarias	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Silvestre	83.75	68.75	a	1.57	b	4.38	c	2.69	b	
Selección I	6.25	0	b	3	a	7	b	0	b	
Selección II	100	100	a	1.88	b	5.8	b	7.63	a	
Selección III	100	0	s	1.5	b	9.75	a	5.5	a	
Selección IV	0	0	b	1.24	b	7.13	b	0.5	b	

**Cuadro 16. Agrupación de las Selecciones Silvestres con Base a Algunas Características Morfológicas, Escuintla, 2000.**

<b>Selección Silvestre</b>	<b>Características</b>
23 y 31	Presencia de dos glándulas.
16,18,14,19,21	Presencia de una glándula.
14, 21	Glándula que se extiende desde la hoja
16, 18, 19, 23, 31	Glándula(s) encontrada(s) sólidamente en el peciolo.
16,18,31,21,23	Presencia de lóbulos colgantes
14 y 19	Ausencia de lóbulos colgantes.
18, 21, 23 y 31	Presencia de dos grandes dientes opuestos que se encuentran en el lóbulo apical.
16, 14, 19	Ausencia de dientes grandes en lóbulo apical.
18 y 23	Peciolo Puberulentos
14, 21	Pubescencia evidente en tallos.

Cuadro 17. Resultado de las Variables Morfológicas que no fueron sometidas a Análisis de Varianza, Escuintla, 2000.

Variable	Selección Silvestre										
	Selección I	Variedad II	Selección III	Selección IV	16	18	14	19	31	21	23
Pubescencia del Tallo	Glabrescente	Glabrescente	Puberulento	Glabrescente	Pubescente	Pubescente	Pubescente (E)	Pubescente	Pubescente	Pubescente (E)	Puberulentos
Pubescencia de Peciolos.	Glabrescente	Glabrescente	Puberulento	Glabrescente	Pubescente	Puberulento	Pubescente	Pubescente	Pubescente	Pubescente (E)	Puberulento
Tipo de Hoja	Palmatipartida	Pinatipartida	Trilobulada	Trilobulada	Palmatipartida	Palmatipartida	Palmatipartida	Palmatipartida	Palmatipartida	Palmatipartida	Palmatipartida
Número de lóbulos.	5	5	3 (trasiapados)	3	5	5	5	5	5	5	5
Número de lóbulos colgantes.	0	2	0	0	2	2	0	0	2	2	2
Forma de ápice.	Atenuado-Acuminado	Atenuado-Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado	Acuminado
Tipo de borde del lób. apical	Dentado	Dentado-asesrado.	Dentado-crenulado	Crenulado-fijo	Dentado	Dentado	Dentado	Dentado	Dentado	Dentado	Dentado
Forma de sinus basal.	C-T	Cordado profundo	Cordado	Cordado	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T	C-T
Presencia de vellosidades en hojas	No urticantes	No urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes	Urticantes
Densidad de vellosidades / 1.5 cm del borde	9-14	7-18	5-13	9-12	10-14	10-14	12-14	9-14	4-7	n.d	n.d
Largo de vellosidades (mm).	< 5.0	< 5.0	0.5-1.0	0.6-0.8	0.8-1.3	0.5-0.8	0.8-1.0	0.8-1.0	1.0-1.2	n.d	n.d
Número de glandulas.	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2
Forma de glandulas	Semipartida al centro	Ovalada. Horizontal	Ovaladas.	Ovaladas.	Semipartida al centro	Semipartida al centro	Semipartida al centro	Semipartida al centro	Semipartida al centro	Semipartida al centro	Semipartida al centro
Posición de glandula en peciolo	Solidamente en peciolo	Se extiende desde la hoja	Solidamente en peciolo	Solidamente en peciolo	Solidamente en peciolo	Solidamente en peciolo	Se extiende desde la hoja	Solidamente en peciolo	Solidamente en peciolo	Se extiende desde la hoja	Solidamente en peciolo

\* C-T = cordado-truncado. (E) = evidente.

### Selección I

Es una planta arbustiva con una altura de 133-154 cm y un diámetro basal de 3.2-3.4 cm. Su nivel de ramificación es principalmente secundario y no presenta un nivel terciario. El tallo es glabrescente. Tiene hojas alternas de tipo palmatipartidas. Los folíolos tienen 17-26 cm de largo y 22-37 cm de ancho. Poseen 5 lóbulos y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene un largo de 13.5-21 cm de largo y tiene un ápice Atenuado-Acuminado. El borde de lóbulo apical es dentado con 10-12 dientes. La profundidad del sinus comprendido entre el lóbulo secundario y terciario es de 8-10 cm. La forma del sinus basal es Cordada-Truncada. Las hojas poseen vellos no urticantes en el borde de la hoja. Se estimó en el borde de la base de la hoja una densidad de 6-9 vellos / cm. Estos tienen un largo  $< 0.5\text{mm}$ .



Figura 9. Forma de hoja de la selección I (Estrella).

Tiene 1 glándula semi - partida al centro que se encuentra sólidamente en el peciolo.



Figura 10. Forma de glándula en selección I.

Los peciolos tienen 20-34 cm de largo y 4.5-5.5 mm de diámetro, que son totalmente glabrescentes.

Hasta el momento del corte se determinó que el 6.25 % de las plantas tenía flores. En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 10323 kg de peso fresco/ha, 2319 kg de peso seco/ha y un índice foliar de 5.98.

### **Selección II**

En una planta arbustiva con una altura de 125-142 cm y diámetro basal de 2.5-2.9 cm con un nivel de ramificación principalmente terciario. El tallo es glabrescente. Tiene hojas alternas de tipo pinatipartidas. Los folíolos tienen 14.5-21cm de largo y 18.8 - 32.8 cm de ancho. Poseen 5 lóbulos principales, 2 colgantes y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene un largo de 11.8 - 18.5 cm y un ancho de 5.4 - 10.2 cm. La parte más ancha del lóbulo apical se debe a la presencia de dos dientes opuestos que tienen un largo promedio de 5.04 cm. Tiene un ápice Atenuado-Acuminado. El borde del lóbulo apical es dentado-aserrado con 10-14 dientes. La profundidad del sinus comprendido entre el segundo y tercer lóbulo es de 5.9-11.25 cm. La forma del sinus basal es Cordado profundo. El borde de la hoja posee vellos no urticantes. Se estimó en el borde de la base de la hoja una densidad de 5-12 vellos / cm. Estos tienen un largo < 0.5 mm.



Figura 11. Forma de hoja de la selección II (Picuda).

Las hojas tienen 1 glándula de forma oval que se extiende desde las mismas.



Figura 12. Forma de glándula que presenta la selección II

de plantas tenía flores y frutos. En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 7753 kg de peso fresco/ha, 1587 kg de peso seco/ha y un índice foliar de 3.43.

### Selección III

Es una planta arbustiva con una altura de 115-142 cm y un diámetro basal de 2.6-3.1 cm. Su nivel de ramificación es principalmente secundario, que presenta también muchas ramas terciarias. Tiene tallos con muy pocas espinas (puberulentos). Posee hojas alternas del tipo trilobuladas. Los folíolos tienen 16-28 cm de largo y 19-37 cm de ancho. Poseen 3 lóbulos que se traslapan y 7 venas principales. El lóbulo apical es de 11-20 cm de largo y 8-16 cm de ancho y tiene un ápice acuminado. El borde del lóbulo apical es dentado-crenulado con 6-10 dientes. La forma del sinus basal es Cordada. La parte abaxial de la hoja posee en su base una densidad alta de vellos urticantes. Se estimó una densidad en el borde de la base de la hoja de 4-9 espinitas/cm. Estas tienen un largo de 0.5-1 mm.

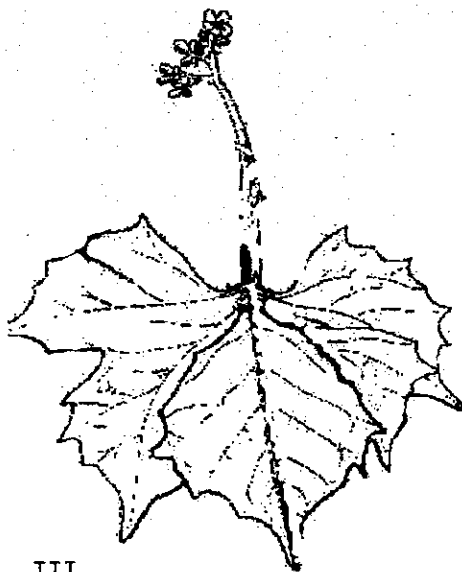


Figura 13. Forma de la hoja en la selección III (Traslapada).

Las hojas jóvenes poseen dos glándulas claramente separadas, las cuales se juntan al estar en estado de madurez. Se encuentran sólidamente en el peciolo.



Figura 14. Forma de glándula en la selección III

Los peciolos tienen 12-15 cm de largo y 5.8-8 mm de diámetro. Estos son puberulentos y aumentan su densidad de vellos urticantes hasta una densidad pubescente al llegar a la base de la hoja. En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 7595 kg de peso fresco/ha, 1048 kg de peso seco / ha y un índice foliar de 2.67.

#### Selección IV

Es una planta arbustiva con una altura de 114-145 cm y un diámetro basal de 2.6-2.7cm. Su nivel de ramificación es principalmente secundario. Los tallos son glabrescentes. Las hojas son alternas de tipo trilobuladas. Los folíolos tienen de 18-30 cm de largo y 16-32 cm de ancho. Poseen 3 lóbulos y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene un largo de 8 -13 cm de largo con un ápice acuminado. El borde de la hoja es crenulado liso. La forma del sinus basal es cordado. Posee espinas urticantes en el borde de la parte basal de la hoja con una densidad de 6-8 espinas / cm. Tienen un largo de 0.6-0.8 mm.

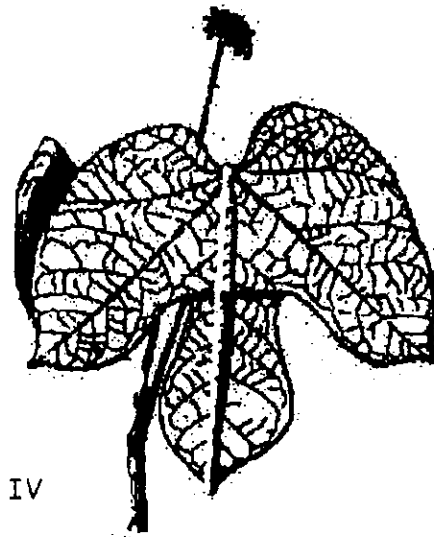


Figura 15. Forma de hoja de la selección IV (Redonda).

Posee 2 glándulas en forma oval que están sólidamente ubicadas en el peciolo.



Figura 16. Forma de glándula en la selección IV.

Los peciololes tienen un largo de 23-30 cm y un diámetro de 5-8 mm.

En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 5761 kg de peso fresco/ha, 995 kg de peso seco / ha y un índice foliar de 3.34.

### **Silvestre-16**

Es una planta arbustiva con una altura de 123-132 cm y un diámetro basal de 2.1-2.4 cm. Tiene un nivel de ramificación principalmente secundario. Los foliolos tienen 19-24 cm de largo y 27-32 cm de ancho. Las hojas son alternas del tipo palmatipartidas con 5 lóbulos principales, 2 lóbulos colgantes y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene 12-17 cm de largo y 8-13 cm de ancho, con ápice acuminado y borde dentado, con 9-12 dientes. La forma del sinus basal es tipo cordado-truncado. La profundidad de sinus entre segundo y tercer lóbulo es de 7-8 cm. Posee espinas urticantes en borde de la hoja, con una densidad de 7-9 espinas/cm y 0.8-1.3 mm de largo. Tiene 1 glándula por hoja semi partida por el centro.



Figura 17. Glándula del material silvestre-16.

El peciolo tiene 23-24 cm de largo y 6 mm de diámetro. Los peciololes y los tallos son pubescentes.

Al momento del corte el 100% de plantas tenía flores y frutos.

En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 2933 kg de peso fresco/ha y 593 kg de peso seco/ha.

### Silvestre-18

Es una planta arbustiva con una altura de 168-164 cm y 2.4-2.7 cm de diámetro basal. Tiene principalmente un nivel de ramificación secundario. Los tallos son pubescentes. Las hojas son alternas de tipo palmatipartidas, con 5 lóbulos principales, 2 lóbulos colgantes y 7 venas principales. Los folíolos tienen 22.5-26 de largo y 27-27.5 cm de ancho. El lóbulo apical tiene 14-16 cm de largo y 11 cm de ancho, debido a la presencia de 2 dientes opuestos de 5.5 cm de largo. El ápice es acuminado. El lóbulo apical tiene un borde dentado, con 18-28 dientes. La profundidad del sinus entre segundo y tercer lóbulo 7-7.5 cm. Forma de sinus basal es cordado-truncado. Tiene espinitas urticantes en venas principales de las hojas, haciéndose más densas en el borde de la base de la hoja con una densidad de 6-9 espinas/cm y 0.5-0.8 mm de largo. Tiene una glándula ovalada, semipartida por el centro que se encuentra ubicada sólidamente en el peciolo.



Figura 18. Forma de glándula del material silvestre-18

Los peciolo son puberulentos. Tienen un largo de 25.5-30 cm y un diámetro de 5-7 mm.

En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 2933 kg de peso fresco/ha y 593 kg de peso seco / ha.

### Silvestre-19

Es un arbusto de 143-158 cm de altura y 2.1-2.9 de diámetro basal. Su ramificación es principalmente secundario. Tiene hojas alternas de tipo palmatipartidas. Los folíolos tienen un largo de 21.5-23.6 cm y un ancho de 27 cm. Tienen 5 lóbulos principales y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene 14 - 15 cm de largo y 9-10.5 de ancho con un apice acuminado. Tiene un borde dentado, con 10-12 dientes. La hoja tiene espinas urticantes con una densidad de 8-9 espinas/cm de borde y un tamaño de 0.8-1 mm de largo. Tiene 1 glándula que se extiende desde la hoja.



Figura 19. Forma de glándula que presenta el material silvestre-19.

Los peciolos son de 17.5-21 cm de largo y 6 mm de diámetro. Estos son pubescentes. Al momento del corte, 100% de plantas tenía flores y 50% de plantas tenía frutos.

En el único corte que se efectuó se obtuvo un rendimiento de 5360 kg de peso fresco/ha y 1084 de peso seco/ha.

**Silvestre-14**

Es una planta arbustiva de 158-160 cm de alto y 2.5-2.8 cm de diámetro. Tiene un nivel de ramificación secundario. Los tallos son muy pubescentes. Tiene hojas alternas de tipo palmatipartida. Los folíolos tienen 22.5 cm de largo y 27 cm de ancho con 5 lóbulos principales y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene 14.5 cm de largo y 10 cm de ancho. Tiene borde dentado con 12 dientes y Apice acuminado. La profundidad de sinus entre segundo y tercer lóbulo es de 5 cm. La forma de sinus basal es cordado-truncado. Las hojas presentan espinas urticantes, con una densidad en el borde de hoja de 6-9 espinas/ cm y un largo de 0.8-1 mm. Tiene 1 glándula semi partida por el centro que se encuentra ubicada sólidamente en el peciolo.



Figura 20. Forma de glándula en material silvestre-14.

Los peciolos son pubescentes y tienen un largo de 18-22 cm y un diámetro de 5-6 mm.

En el único corte que se efectuó se obtuvo un rendimiento de 2222 kg de peso fresco/ha y 449 kg de peso seco/ha.

### Silvestre-31

Es un arbusto de 143-160 cm de altura y 2.1-2.9 cm de diámetro basal. Tiene un nivel de ramificación secundario. Las hojas son alternas del tipo pinatipartidas.

Los folíolos tienen 25-28 cm de largo y 26-38 cm de ancho. Poseen 5 lóbulos principales, 2 lóbulos colgantes y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene un largo de 18-23 cm y un ancho de 12-18 cm debido a la presencia de dos dientes grandes opuestos de 6-9 cm de largo. El ápice es atenuado. La profundidad de sinus entre segundo y tercer lóbulo es de 9-13 cm. La forma de sinus basal es cordado-truncado. El borde de hoja tiene espinas urticantes, con una densidad de 4-5 espinas/cm de borde, de 1-1.2 mm de largo. Posee 2 glándulas que se encuentran sólidamente ubicadas en el peciolo.



Figura 21. Glándulas del material silvestre-31.

Los peciolo tienen 23-33 cm de largo y 6-7mm de diámetro, pubescentes.

Al momento del corte, el 75% de plantas tenía flores. En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 9351kg de peso fresco/ha y 1891 kg de peso seco/ha.

### Silvestre-21

Es una planta arbustiva con una altura de 113-117 cm y un diámetro basal de 2.2-2.7 cm. Su nivel de ramificación secundario. El tallo es altamente pubescente. Las hojas son alternas del tipo palmatipartidas. Los folíolos son de 25-26 cm de largo y 31-37 cm de ancho. Tienen 5 lóbulos principales, 2 lóbulos colgantes y 7 venas principales. El lóbulo apical tiene un largo de 19-20 cm y un ancho de 13 cm debido a la presencia de dos dientes opuestos de 5 -7 cm de largo. El ápice es acuminado y el borde dentado con 9-18 dientes. El sinus basal es cordado-truncado. La profundidad del sinus comprendido entre segundo y tercer lóbulo es de 6-7 cm. Las hojas poseen espinitas urticantes, siendo evidentes en las venas principales de la parte abaxial de la hoja. Tiene 1 glándula semipartida al centro, la cual es más larga que ancha y se extiende desde la hoja.



Figura 22. Forma de glándula en el material silvestre-21.

Los peciolo tienen un largo de 20-21 cm y un diámetro de 5-7 mm. Son evidentemente pubescentes.

Al momento del corte, el 100% de plantas tenía flores y frutos. En el único corte que se realizó se obtuvo un rendimiento de 5578 kg de peso fresco/ha y 1128 kg de peso seco/ha.

### Silvestre-23

Es un arbusto de 132-135 cm de alto y 2.4-3.7 cm de diámetro basal. Tiene un nivel de ramificación secundaria. Los tallos son puberulentos. Las hojas son alternas de tipo palmatipartidas. Los folíolos tienen 21-27 de largo y 31-35 de ancho con 5 lóbulos principales y 2 lóbulos colgantes. El lóbulo apical tiene un largo de 17-21 cm y un ancho de 12-17 debido a la presencia de dos dientes opuestos de 5-8 cm de largo. Tiene un ápice acuminado. El borde es dentado con 16-19 dientes. La profundidad entre sinus de segundo y tercer lóbulo es de 8-9 cm. La forma del sinus basal es de tipo cordado-trucado. Cada hoja tiene 2 glándulas claramente separadas que están posicionadas sólidamente en el peciolo.



Figura 23. Glándulas que presenta el material silvestre-23.

Los peciolos tienen 17-18 cm de largo y 6 mm de diámetro, son puberulentos.

Al momento del corte se determinó que 100% de plantas tenía flores y frutos. En el único corte se que realizó se obtuvo un rendimiento de 4956 kg de peso fresco/ha y 1004 kg de peso seco/ha.

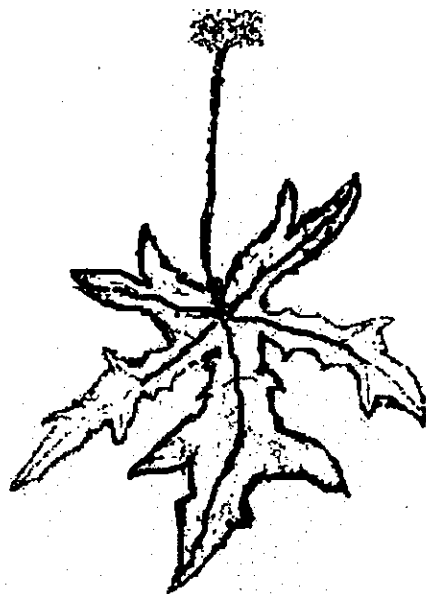


Figura 24. Forma general de las hojas en silvestres 18, 21, 23 y 31.

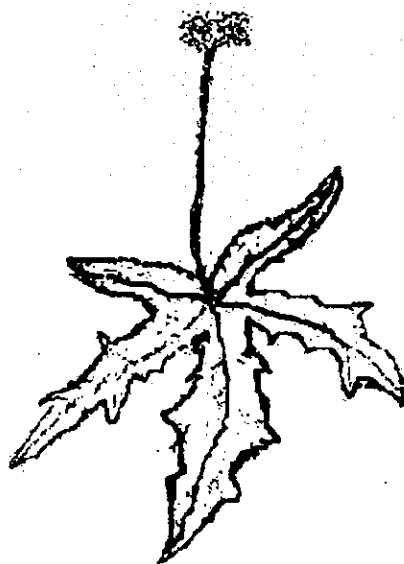


Figura 25. Forma general de las hojas en silvestres 14 y 19

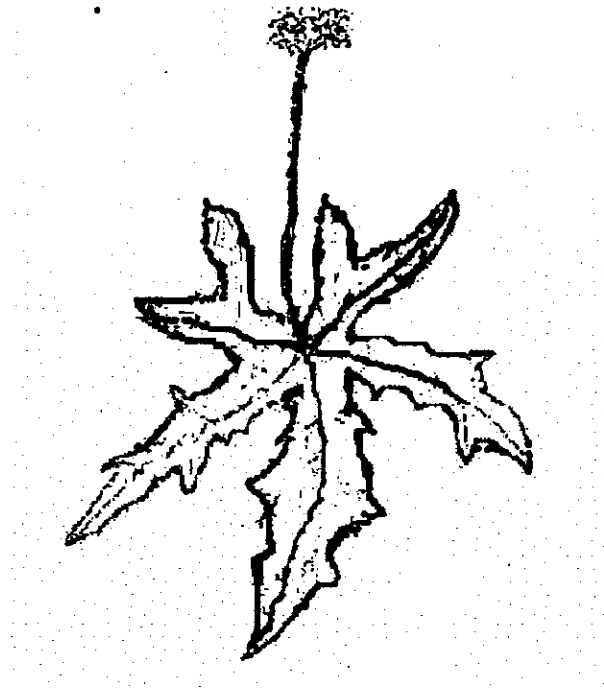


Figura 26. Forma general de las hojas en silvestre -16

## VII. DISCUSION DE RESULTADOS

### A. Variables Agronómicas

La biomasa fresca de hojas completas y folíolos fue significativamente diferente entre tratamientos. La producción de hojas completas en base fresca de las selecciones domésticas I, II y III fue estadísticamente similar y únicamente la selección I fue significativamente distinta respecto de la selección IV y el material silvestre estudiado. La producción de folíolo fresco también fue estadísticamente similar entre las selecciones I, II, III y la silvestre. Únicamente la producción de las selecciones I y III fue diferente respecto de la de la selección IV. Aun cuando la producción de folíolo fresco de la selección I fue estadísticamente similar a los otros materiales, agronómicamente la selección I produce más material. Los peciolo de la selección III resultan tener menos influencia en el peso de la hoja completa (folíolo + peciolo) que los peciolo de la selección I. Esto se debe a que el peso y el largo de los peciolo de la selección III son significativamente menores a los de la selección I.

La producción de biomasa de folíolo seco presentó diferencia significativa. La selección I tuvo una producción 82% mayor que el promedio del resto de los materiales (651 kg/ha). Esto debido a que el porcentaje de humedad de los folíolos es estadísticamente más bajo en la selección I, aparte que agronómicamente produce más como resultado de un mayor índice de área foliar. El orden final de producción de folíolo en peso seco fue selección I > II > Silvestre > III > IV, siendo la producción de la selección I significativamente mayor al resto de selecciones.

El material silvestre presentó mayor desviación estándar debido a la alta variabilidad entre especímenes que formaron parte del tratamiento. En este tratamiento hubo individuos con una producción similar a la selección I. Esto en términos de variabilidad genética es positivo, ya que existen materiales con bondades propicias para efectuar fitomejoramiento.

El Índice de Área Foliar también presentó diferencia significativa. La selección I presentó un valor 107.8% mayor que el resto de selecciones (índice de área foliar = 2.88), lo cual tuvo influencia en la producción.

La velocidad de crecimiento fue significativamente mayor en las selecciones I y Silvestre. La velocidad de crecimiento de la selección I fue 30% mayor que el promedio del resto de los materiales estudiados (1.55 cm/día). Esto indica que la velocidad de recuperación después de un corte es mayor para la selección I, por lo que la frecuencia entre cortes puede ser menor. Esto resultaría en mayor número de cosechas al año y mayor cantidad de biomasa producida por año.

En cuanto al diámetro basal de la planta, la selección I presentó el valor más alto. Esto podría indicar un buen vigor en este material, pero este dato pudo verse afectado por el origen de las estacas que se utilizaron para sembrar en el campo experimental, ya que algunos tenían un mayor diámetro que otros.

Los resultados de las variables agronómicas reflejan que la selección I es la que presenta mayores valores en cuanto a biomasa (peso seco) y velocidad de crecimiento. Además presenta desviaciones estandar menores para todas las variables. Esto indica que tiene características agronómicas deseadas que han sido buscadas por el hombre a través del tiempo y que han sido estables al ser un material que se propaga asexualmente (por esquejes). La alta variabilidad entre materiales silvestres también indica que no se pueden generalizar los datos para el tratamiento arreglado para dicho material, ya que existe mucha variabilidad genética entre individuos.

## **B. Variables de Composición Química de los Foliolos**

Los resultados de composición química indican que el contenido de humedad de los foliolos depende del tipo de selección. El mismo fue estadísticamente menor para la selección I, factor que resulta en una mayor producción de biomasa seca de dicho material. En la selección III, el contenido de agua fue estadísticamente mayor

y más distinto del material silvestre lo que repercute tanto en el peso seco como en la composición química en base seca de este material (selección III).

Los parámetros evaluados en base seca presentaron valores estadísticamente distintos en las variables de Ceniza y Vitamina C. Las selecciones III y IV presentaron un nivel significativamente más alto de ceniza respecto del resto de selecciones. La selección III presentó un porcentaje de ceniza 20% mayor al resto de selecciones (10.71%). La selección II presentó un nivel significativamente menor (20.33%) de Vitamina C en base seca que el promedio del resto de selecciones (15.48%). De las otras selecciones domésticas, las selecciones III y IV presentaron el mayor contenido de vitamina C (15.62% y 16.94%, respectivamente). De estas dos selecciones únicamente la selección IV es diferente a la selección I. En el resto de parámetros de composición química en base seca se mantiene la calidad nutritiva de la planta sea cual sea la selección.

Debido a la diferencia en porcentaje de humedad entre selecciones, el nivel de proteína, grasa y fibra en base húmeda fue significativamente diferente entre selecciones. La selección I y Silvestre presentaron los niveles más altos en grasa en base húmeda. Por su bajo porcentaje de humedad, la selección I presentó un valor 32% mayor de proteína que el promedio del resto de selecciones (5.71%) y un nivel 34% mayor de fibra que el promedio del resto de materiales (2.20%). Esto indica que los folíolos frescos de esta selección presentan mejores características nutricionales. Este material acoplado a una mayor producción de biomasa se convierte en un material deseable por lo que es recomendable hacer un estudio de adaptación de éste material en otras regiones del país.

La diferencia significativa entre parámetros de composición química parecen indicar que durante la domesticación, además de un cambio significativo en producción de biomasa y morfología de las plantas, también hubo un cambio en la calidad nutricional de los folíolos. Un parámetro indicativo puede ser el porcentaje de humedad que es más distinto y mayor en la selección III que parece ser la más modificada morfológicamente. De esta diferencia entre el contenido de humedad en folíolos puede derivarse la diferencia significativa que hubo en el resto de variables de composición química de éstos.

Los resultados de composición química de las hojas de chaya (promedio de todos los materiales estudiados) en base fresca se resumen como sigue (%): humedad de hojas  $81.15 \pm 0.61$ , de peciolo  $91.19 \pm 0.96$ , proteína  $5.85 \pm 1.79$ , grasa  $1.37 \pm 1.43$ , fibra  $2.35 \pm 0.68$ , ceniza  $2.07 \pm 0.83$  y (mg/g) vitamina C  $3.13 \pm 0.27$  y HCN  $0.39 \pm 0.03$ . En un estudio hecho en México realizado por Muñoz de Chávez (20), la composición química de la chaya en hojas frescas se resume como sigue : (%) humedad de hojas 80.0, (gr / 100 gr hoja fresca): proteína 7.20, grasa 0.90 y fibra cruda 2.20.

Un análisis comparativo indica que los materiales estudiados en este trabajo de investigación presentan un nivel de proteína en base fresca 23% menor a los materiales estudiados en México (aunque habrá que notar que la selección I presentó un nivel 4% mayor a el material estudiado en México). El nivel de grasa se presenta un 52% mayor, el nivel de fibra 7% mayor y humedad 1.43 % mayor.

Estos datos parecen indicar que además de haber una diferencia nutricional entre selecciones las hay también entre materiales crecidos en distintas regiones. Aunque estas diferencias pueden ser debidas a la utilización de distintas metodologías y materiales de chaya estudiados. Esto hace necesario repetir este estudio con la misma metodología y materiales de chaya en otras regiones.

### **C. Variables Morfológicas**

Las selecciones domésticas se diferencian de las silvestres por tener características que han sido modificadas con el tiempo. Una de ellas es los vellos urticantes. Los mismos están ausentes (selecciones I y II) o casi ausentes (selecciones III y IV) en hojas y peciolo de las selecciones domesticadas. La presencia de vellos urticantes en las selecciones silvestres es notoria.

Las selecciones silvestres presentan los valores más altos (aunque no significativos) de área foliar pero los índices de área foliar más bajos (no significativos también). Esto indica que el material silvestre se puede diferenciar de las selecciones domésticas por tener hojas grandes pero menor cantidad de hojas por árbol que los materiales domésticos. El alto valor de índice de área foliar que

muestra la selección I (107.8% mayor al promedio del resto de materiales estudiados, significativamente distinto a los valores del resto de selecciones) muestra que con la domesticación de la chaya se ha buscado una mayor producción de biomasa.

La forma de las hojas de los materiales domésticos difieren ampliamente de los materiales silvestres. A diferencia de las selecciones I y II, las selecciones domésticas III y IV presentan un foliolo con 3 lóbulos principales. Las selecciones I y II, al igual que las silvestres, presentan 5 lóbulos principales pero se diferencian de las silvestres por diversas características. La selección I se diferencia de las silvestres por carecer de lóbulos colgantes. Además tiene en su borde dientes significativamente más pequeños que las hojas del material silvestre. La forma de las hojas de la selección II es similar a las silvestres, ya que posee lóbulos colgantes y dientes bastante grandes en el lóbulo apical pero difiere de las silvestres por tener un área foliar significativamente más pequeña. Además, los foliolos de la selección II poseen lóbulos significativamente más delgados (área de la hoja / ancho de la hoja = 8.56 cm) que los de los foliolos de los materiales silvestres (área de la hoja / ancho de la hoja = 13.06 cm).

Si se exceptúa la selección II, el porcentaje de floración y *fructificación hasta el momento del corte* fue distinto entre materiales domésticos y silvestres. El material silvestre mostró un porcentaje alto de flores y frutos. La selección IV no presentó flores, la selección III presentó flores pero no frutos y la selección I tuvo un porcentaje muy bajo de flores y tampoco desarrolló frutos. Esto indica que como resultado del proceso de domesticación se ha modificado significativamente el comportamiento de las diferentes selecciones (I y IV) al grado de inducir esterilidad en algunas de ellas (selección III). Este fenómeno es también reportado en otros cultivos.

Entre las selecciones domésticas también se encontraron ciertos parámetros morfológicos que pueden ser utilizados para diferenciarlos. Por ejemplo:

## Selección I

Se distingue del resto de selecciones domésticas por tener hojas del tipo palmatipartidas, borde dentado y una forma de sinus basal cordado-truncado (Cuadro 17). Presenta un nivel de ramificación primaria mayor al resto de selecciones. Hasta el momento del corte no presentaba ramificación terciaria (Cuadro 13). Presenta un área foliar con valores intermedios. Esto indica que sus hojas son de un tamaño mediano comparado al resto de selecciones. Presenta un índice de área foliar mayor (Cuadro 8) como resultado de un alto número de hojas por árbol. También se diferencia del resto de selecciones domésticas por tener una glándula semi partida por el centro que se encuentra ubicada sólidamente en el peciolo (Cuadro 17). Al momento del corte la selección I presentó 6.25% de plantas con flores. Esto indica que en el área de Escuintla, la época de floración de esta selección ocurre después de las selecciones II y III y antes de la selección IV que no presentó flores. El comportamiento de floración en la selección I se desconoce en otras regiones del país.

## Selección II

Se distingue del resto de selecciones domésticas por presentar un área foliar 102% menor al resto ( $412.5 \text{ cm}^2$ ). Sin embargo presenta un rendimiento más alto que las selecciones IV y Silvestre como resultado de un mayor número de hojas como lo indica el índice de área foliar (3.43). La selección II también presenta una relación de área de la hoja / ancho de la hoja 75.23% menor que la media de los valores del resto de selecciones (15cm) como consecuencia de tener los lóbulos delgados (Figura 8). Esta selección es la que presenta mayor número de ramas terciarias. Se distingue también por tener hojas pinatipartidas y un borde dentado-aserrado (Figura 8). Presenta dos lóbulos colgantes y dos dientes grandes que se encuentran opuestos en el lóbulo apical. Como consecuencia de estos dientes, la selección II presenta un valor mayor de la razón largo del diente más grande del lóbulo apical / ancho basal del lóbulo apical respecto de los valores del resto de las selecciones domésticas. La profundidad del sinus basal presenta un valor 40% mayor al resto de materiales domésticos (3.44cm), como consecuencia que la

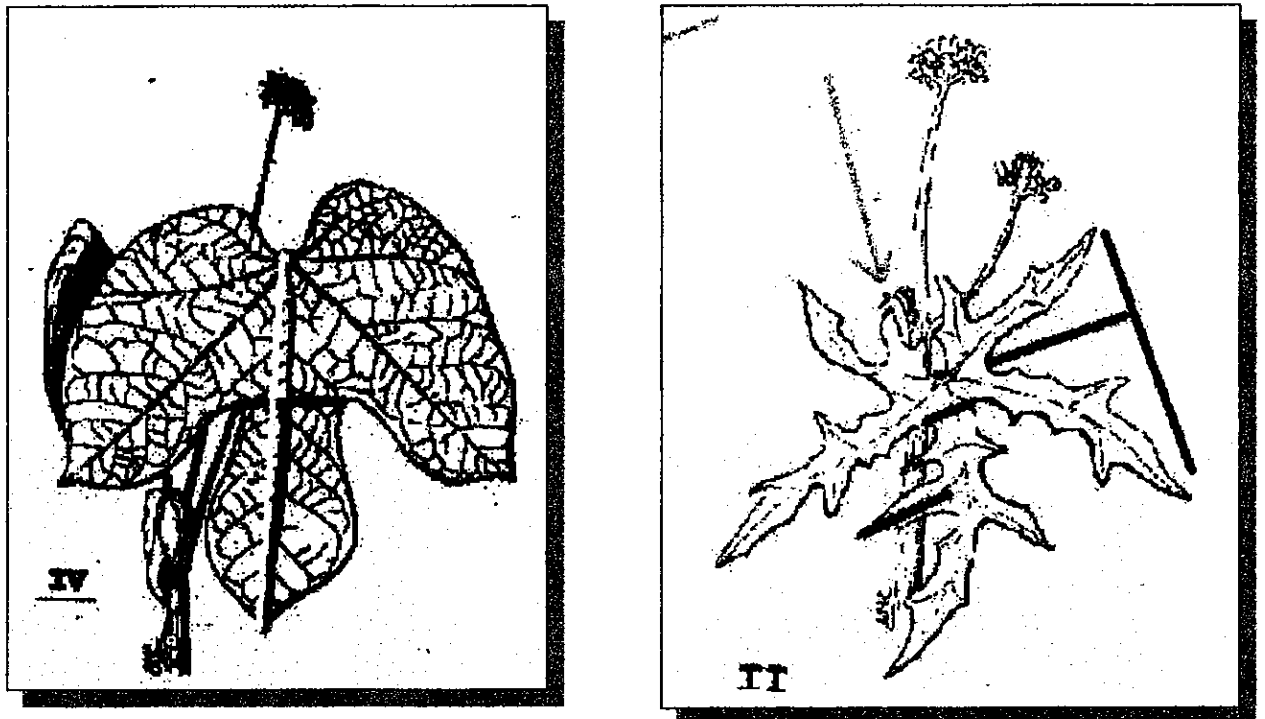
selección II presenta una forma de sinus basal cordado-profundo. Posee sólo una glándula ovalada que se extiende desde la hoja, característica que difiere del resto de selecciones domésticas. Este material se distingue del resto de las selecciones domésticas por haber presentado al momento del corte 100% plantas que llegaron a producir flores y frutos.

### **Selección III**

Esta selección posee tallos y peciolo puberulentos. También presenta espinas urticantes en el borde de la parte basal de la hoja. Es importante recalcar que esta selección se distingue claramente del resto por presentar peciolo más cortos (80% menor) y de diámetro mayor (39.85% mayor). Esta selección presenta un mayor nivel de ramificación secundaria (46.76%). La selección III se distingue de las selecciones I y II por tener tres lóbulos. Esta característica se refleja en el parámetro profundidad del sinus entre el segundo y tercer lóbulo de las hojas, ya que presentó un valor igual a cero. Se distingue de la selección IV por tener lóbulos que se traslapan al presionarlos entre sí y por tener un borde dentado-crenulado. Esta selección presentó (hasta el momento del corte) todas las plantas con flores. No se observó alguna con frutos. Se ha registrado que esta selección no llega a producir frutos. Esto indica que tiene algún tipo de esterilización que fue efectuado en el proceso de domesticación.

### **Selección IV**

Las hojas de la selección IV se distinguen por presentar 3 lóbulos que no se traslapan y un borde crenulado-liso (Figura 8). Tienen un ancho casi igual a su largo ( $W/L \sim 1$ ) por lo que son aproximadamente redondas. La hoja presenta un lóbulo apical que influye poco en el largo total de la hoja. Esto se visualiza en el parámetro  $L/l$  que presenta un valor mayor (48.84%) para la selección IV respecto del resto de selecciones domesticadas (1.30). Presenta un valor de Area/Ancho de la hoja 59.91% mayor al resto de selecciones (11.64) debido a que presenta lóbulos bastante anchos.



**Figura 27.**

- a. La Selección II presenta borde dentado-aserrado. La Selección IV presenta un borde crenulado-liso.
- b. La Selección II presenta un lóbulo apical más largo respecto del largo total de la hoja.
- La Selección IV presenta un lóbulo apical más pequeño comparándolo al largo total de la hoja.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Morfológicamente hubo bastante variabilidad entre las selecciones estudiadas. Se encontró que la morfología de las selecciones domésticas y silvestres es diferente. Esto permitió identificar algunos parámetros morfológicos (ejemplo, área foliar, profundidad del sinus entre el lóbulo secundario y terciario, largo y diámetro de peciolo, presencia o ausencia de vellos urticantes) para diferenciar entre selecciones.
2. La producción de biomasa varió significativamente entre los materiales evaluados. El orden de producción de foliolo seco fue (kg/ha): selección I (1185) > selección II (803.8) > selección silvestre (729.3) > selección III (623.2) > IV (447.7).
3. Las características agro-morfológicas variaron significativamente entre selecciones. La selección I presentó la mayor velocidad de crecimiento junto a las silvestres y el mayor índice de área foliar.
4. La composición química de los foliolos, tanto en base fresca como en base seca, fue distinta entre los diferentes materiales.
5. En base seca, las selecciones III y IV presentaron un mayor contenido de vitamina C y la selección III un mayor contenido de ceniza.
6. En base fresca, la selección I produce 93% más proteína (398 kg/ha) que el promedio del resto de selecciones (206 kg/ha). Esto, junto a una mayor producción de foliolo en base seca, un mayor índice de área foliar, una velocidad de crecimiento más acelerada (junto a las silvestres) y la ausencia de vellos urticantes, indica que es una planta deseable para consumo humano y animal.
7. La diferencia significativa en la morfología de las plantas y algunos parámetros de composición química de los foliolos, unido a una mayor producción de biomasa (selección I), puede ser evidencia de que hubo domesticación en la chaya.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Repetir este estudio en otras regiones del país para determinar si existe un cambio en la producción y composición química de los diferentes materiales en función de las condiciones agro-climatológicas.
2. Promover la siembra de la variedad I (Estrella) en regiones similares a las condiciones agro-climáticas de Escuintla, ya que presenta las mejores características agronómicas y el contenido nutricional es deseable.
3. Hacer estudios organolépticos de las hojas de chaya doméstica (variedades I, II, II y IV) para determinar el material más aceptado como alimento humano.

## X. BIBLIOGRAFIA

1. Breckon, G.J. 1975. Cnidoscolus, section Calyptosolen (Euphorbiaceae) in Mexico and Central America. Ph.D. thesis. University of California-Davis.
2. de Landa, D. 1982. Relación de las cosas de Yucatán. 9ª. ed. Editorial Porrúa, S.A. México. 128 pp.
3. Molina Cruz, A, Curley, L.M., y Bressani, R, 1997ª. Redescubriendo el valor nutritivo de las hojas de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; *Euphorbiaceae*). Ciencia en Acción No. 3. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
4. Peregrine, W.T.H. 1983. Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*): A potential new vegetable crop for Brunei. *Tropical Pest Management* 29 (1): page 39-41.
5. Cifuentes y Molina, 1,999. Impacto de Varios factores Agronómicos sobre la Reducción, Producción de Biomasa y Composición Química de Hojas y Cogollos de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*, *ssp aconitifolius*). Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 66pp.
6. Paul C. Standley & J. Asteyermark. 1949. Flora de Guatemala. FIELDIANA:BOTANY vol.24, part IV. U.S.A. Ed. Chicago, Natural History Museum press. 440pp.
7. Martin, F.W. and Ruberté, R. 1978. Vegetables for the hot humid Tropics, part Chaya, *Cnidoscolus chayamansa*. New Orleans; Science and Education Administration, U.S.D.A.
8. R.K. Murray & Peter A. Mayes. 1,998. *Bioquímica de Harper*. 24ª. ed. El Manual Moderno, México D.F. 1021pp.
9. Kessler, C.D.J, 1997. La adaptación, práctica y potencial de la producción de pasturas en la zona henequera de Yucatán: Observaciones de 4 años de investigación agronómica. *Zoociencia* 4.
10. Cifuentes, 1,999. Composición Química y Requerimientos Nutricionales para la Chaya, Escuintla, 1,999. No publicado.
11. Hartmann, H. y D. Kester. 1988. Propagación de plantas- Compañía editorial continental; México, D.F. 760pp.
12. Instituto Geográfico Nacional. 1972. Atlas Nacional de Guatemala.

13. Simmons, Charles S. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, Ministerio de Agricultura.
14. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. 1996, CENGICAÑA.
15. Lentner, M y Bishop, T. 1986. Experimental Design and Analysis. Valley Book Co. Blacksburg, VA., 1ª Edition. U.S.A. 565pp.
16. AOAC, 1984. Oficial methods of analysis. Association of Oficial Analytical Chemist, Virginia.
17. Arshad, Lowery & Grossman. Methods for Assesing Soil Quality, part Physical Test for Monitoring Soil Quality. S.S.S.A., Special Pulication. Number 49. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.. 1996.
18. Michigan State University. 1988. MSTATC. Crop and Soil Sciences. Users guide: Statistics. Esast Lansing, Michigan.
19. Angel Marzocca. 1985. Nociones Básicas de Taxonomía Vegetal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, S.J. C.R. 261pp.
20. Muñoz de Chávez, M.A. Chávez, J.A. Roldán, J.A. Ledesma, E. Mendoza, F. Pérez-Gil, S.L. Hernández and A.G. Chaparro. 1996. Tablas de Valor Nutritivo de los Alimentos de Mayor Consumo en México. Editorial Pax. México, D.F.

## APENDICE

**Apendice 1. Listado de las mediciones y observaciones realizadas para un análisis Agromorfológico.**

### **VARIABLES SOMETIDAS A ANÁLISIS DE VARIANZA**

1. Ramificación: Efectuada al momento del corte
  1. Primaria
  2. Secundaria
  3. Terciaria
  4. a más
2. Altura de la planta (cm): efectuada al momento del corte.
3. Diámetro de la planta (mm): medición efectuada a 15 cm del suelo, al momento del corte.
4. Velocidad de crecimiento de altura de la planta (cm): medición efectuada con intervalo de tiempo de 21 días.
5. Largo de Peciolos: dato tomado de peciolos de las últimas hojas en madurar, antes de la cosecha.
6. Diámetro de Peciolos: dato tomado de peciolos de las últimas hojas en madurar, antes de la cosecha.
7. % de plantas con flores antes de cosecha
8. % de plantas con frutos antes de cosecha.
9. Biomasa Bruta (peso fresco y peso seco de hoja + peciolo).
10. Biomasa Neta (peso fresco y seco de hoja).

11. Índice de área foliar.

12. Características de las hojas.

-Datos tomados en las últimas hojas en madurar antes de la cosecha; se tomó una hoja por árbol, al ser evaluadas 80 hojas por cada selección:

12.1 Área de las hojas, tomada en  $\text{cm}^2$ . Se sacó fotocopia de las hojas. Se pesó un cuadro de papel con área conocida y las hojas fotocopiadas. De éstos dos pesos se sacó el área desconocida de las hojas.

12.2 Largo (L) en cm de la lámina.

12.3 Ancho (W), en cm de la lámina.

12.4 Largo de lóbulo apical (l), en cm.

12.5 Largo del diente más grande del lóbulo apical, en cm.

12.6 Número de dientes en lóbulo apical.

12.7 Profundidad del sinus basal de la hoja, en cm.

12.8 Profundidad del sinus entre el 2<sup>do</sup> y 3er lóbulo de la hoja, en cm.

De éstas mediciones se sacaron las siguientes razones:

Ancho de lámina/largo de lámina (W/L), Largo de lámina/largo de lóbulo apical (L/l), largo del diente más grande del lóbulo apical/ancho de base de lóbulo apical (ld/abl), Área de hoja/ancho de las hojas (A/W).

A continuación se hace una breve descripción del significado de cada razón, para que así el lector pueda interpretar con mayor facilidad las variables estudiadas.

- Ancho de lámina/largo de lámina ( $W/L$ ) = esta variable permite visualizar si la hoja es más ancha que larga ( $>1$ ) ó más larga que ancha ( $<1$ ). Mientras más grande sea el número ( $> 1$ ), la hoja será más ancha.

- La variable Largo de lámina / largo de lóbulo apical ( $L / l$ ) permite tomar una idea acerca de lo largo que es el lóbulo apical respecto al largo de la lámina, es decir, si el número (valor de la razón) se acerca al valor de 1, gran parte del largo de la hoja se debe al largo del lóbulo apical, y mientras más se aleje de 1 ( $x>1$ ) el valor de la razón, el largo del lóbulo apical no influye mucho en el largo de la lámina (hoja).

- Largo del diente más grande del lóbulo apical / ancho de base de lóbulo apical ( $ld/abl$ ) = Esta variable indica si el ancho del lóbulo apical es debido al ancho del mismo ó si es debido a la presencia de dientes muy largos.

- Area de hoja/ancho de las hojas ( $A/W$ )=Esta razón estandariza el valor del área, ya que el área varía según el tamaño de hoja y por ende la variable área de hoja se ve afectada según la edad fenológica con que se ha cortado la hoja.

### **Variables no sometidas a Análisis de Varianza.**

13. Pubescencia del tallo: La medición se realizó antes del corte, de acuerdo al siguiente código:

- a. nada (glabrescente)
- b. muy poca (poco puberulento)
- c. poca (puberulento)
- d. mucha (pubescente)

14. Tipo de hoja

- a. Pinatipartida
- b. Palmatipartida
- c. Palmatilobulada (Trilobulada).

15. Número de lóbulos principales

16. Número de lóbulos colgantes

17. Forma de ápice del lóbulo primario ó apical

- a. Acuminado-Atenuado
- b. Acuminado
- c. Atenuado

18. Tipo de borde de lóbulo apical

- a. Dentado
- b. Dentado-aserrado
- c. Dentado-crenulado
- d. Crenulado-liso

19. Forma de sinus basal

- a. Cordado
- b. Cordado-truncado

20. Presencia de vellosidades

- a. Urticantes
- b. No urticantes

21. Densidad de vellosidades (tomado en el área de los primeros 1.5 cm del margen de la hoja, desde la base de la hoja, lugar donde la hoja es generalmente pubescente).

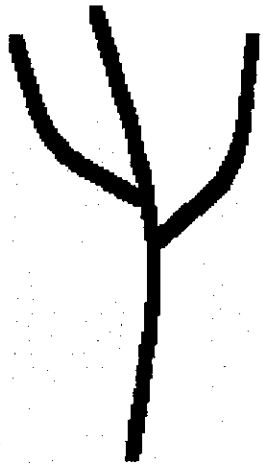
22. Tamaño de las vellosidades.

- a. < 0.5mm
- b. 0.5 -1 mm
- c. > 1.0 mm

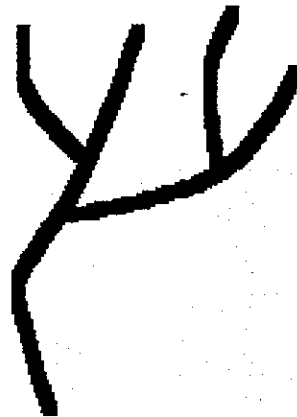
23. Pubescencia de Pedúnculos

- 1. Nada
- 2. Muy poca
- 3. Poca
- 4. Mucha

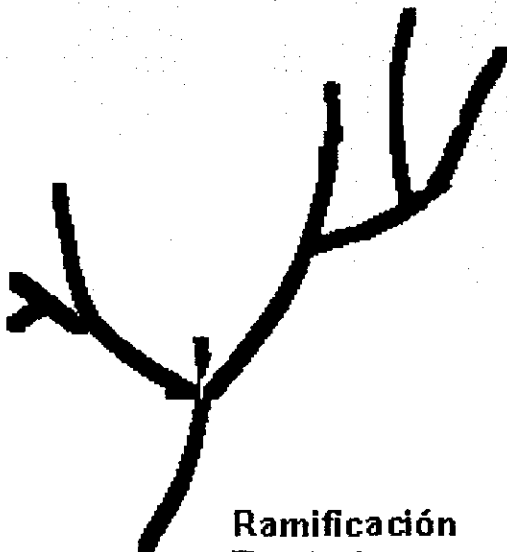
**Figura 28. Tipos de Ramificación**



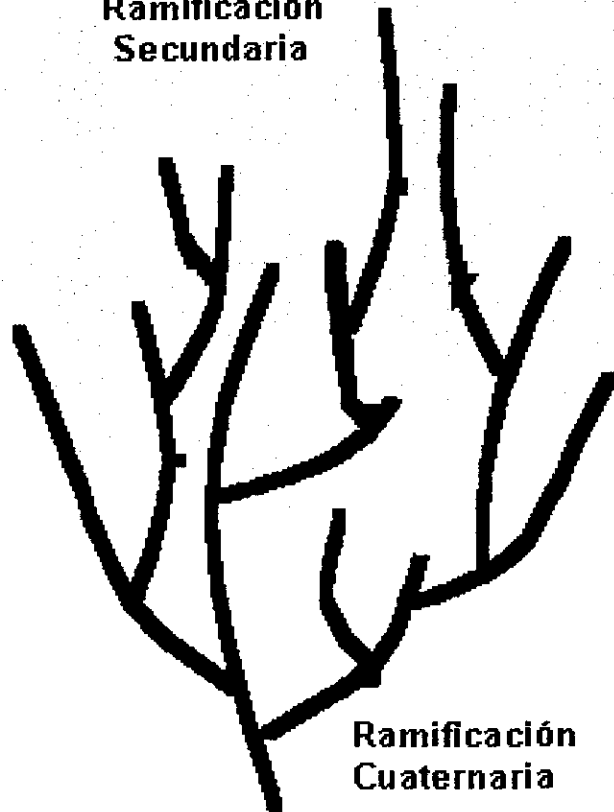
**Ramificación Primaria**



**Ramificación Secundaria**

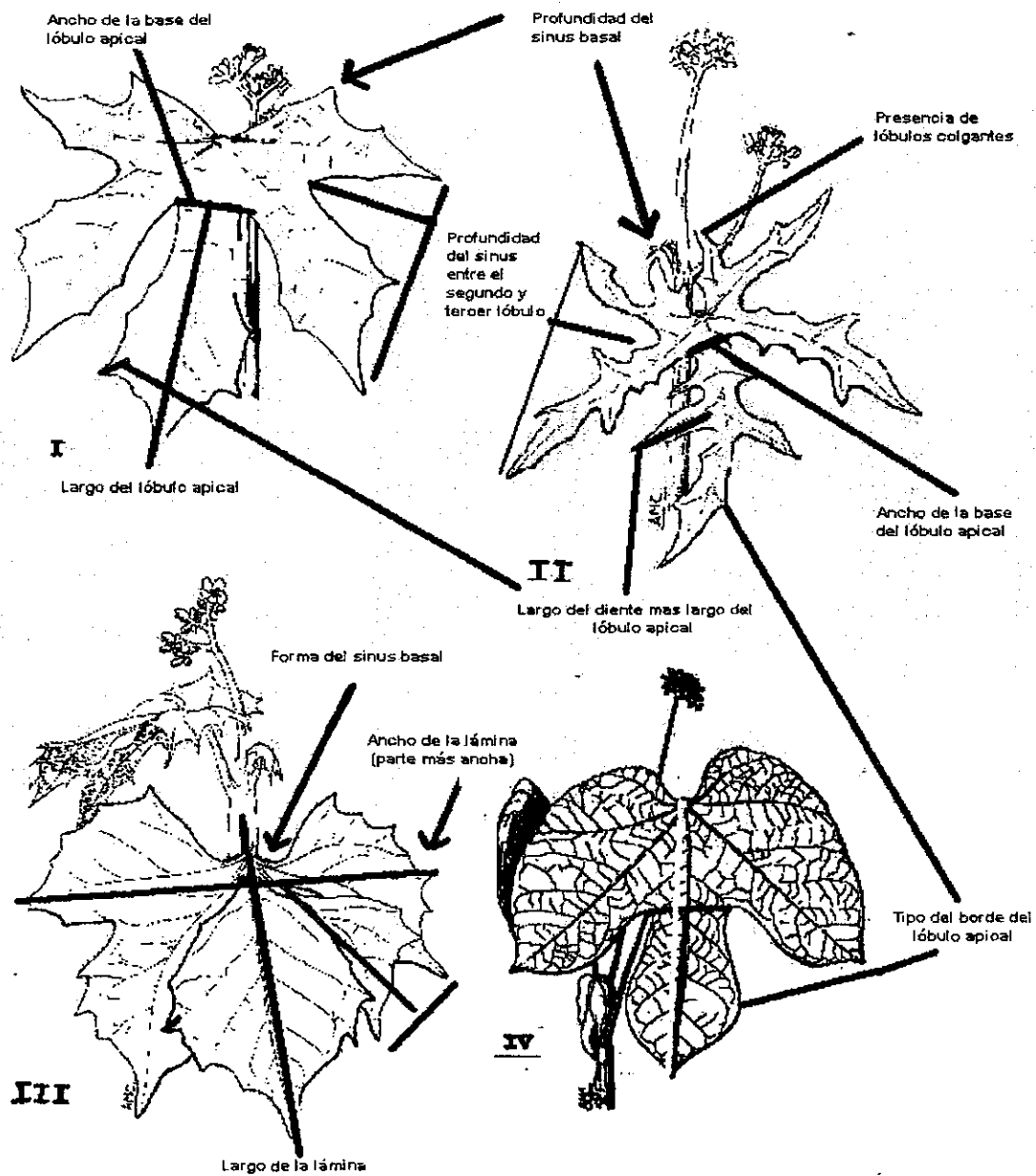


**Ramificación Terciaria**



**Ramificación Cuaternaria**

**Figura 29. Datos Tomados para Efectuar la Caracterización de los Foliolos de los Distintos Materiales de Chaya.**



Apendice 2. Fotografias tomadas al momento de transplante de los Materiales de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*, *ssp aconitifolius*) al campo definitivo y al momento de cosecha, Escuintla, 2000



Figura 30. Parcela experimental. Muestra de los materiales de chaya al momento de transplante al campo definitivo.



**Figura 31. Plantas de chaya al momento del corte, 80 días después del trasplante al campo definitivo**

