

# CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA, MOLECULAR, AGRONÓMICA Y QUÍMICA DE LOS CULTIVARES DE CHAYA (*CNIDOSCOLUS ACONITIFOLIUS*) DE GUATEMALA

Rolando Cifuentes, Elfriede Pöll, Ricardo Bressani & Sebastián Yurrita  
Centro de Estudios Agrícolas y Forestales – CEAF – Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos – CECTA –  
Herbario del Centro de Biodiversidad –UVAL- Instituto de Investigaciones –UVG-

## Resumen

Este estudio se llevó a cabo para caracterizar botánica-, molecular-, agronómica- y químicamente varios cultivares de Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius*) comúnmente encontrados en Guatemala. Se realizó una colecta y descripción botánica de la especie silvestre y de los 4 grupos ('Estrella', 'Mansa', 'Plegada' y 'Picuda') semidomesticados encontrados, los cuales fueron plantados como una colección viva en la estación experimental agrícola de UVG sede Sur. Posteriormente se establecieron 2 ensayos de campo en la costa sur del país, de donde se determinó que existe una similitud genética de un 25 – 35 % entre los cultivares o grupos de Chaya y que aparentemente evolucionaron de la especie silvestre. La similitud genética entre accesiones (muestras) dentro de cada grupo de Chaya fue de 50 – 60 %. Los 4 cultivares semidomesticados fueron clasificados como *Cnidoscopus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*; en tanto que la especie silvestre fue clasificada como *Cnidoscopus* sp. (posiblemente *C. multilobus* ssp. *multilobus*). Se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre sitios y cultivares de Chaya con relación a la producción de materia seca de hojas sin peciolo ('Picuda' (6.1 t / ha) > 'Estrella' (5.7 t / ha) > 'Plegada' (5.3 t / ha) > 'Mansa' (3.6 t / ha). El insecto *Corythucha* sp, el hongo *Puccinia* sp. y el ácaro *Tetranychus urticae* fueron encontrados a nivel de plaga en los diferentes cultivares de Chaya. Todos los cultivares de Chaya presentaron un alto contenido de proteína, cenizas, grasas y minerales, pero ningún material fue superior al resto en todos los parámetros químicos registrados. Promediado sobre cultivares, la composición química fue (%): Cenizas 9.2, Proteína 31.2, Grasa 7.9, Humedad 78; (mg / 100 g): HCN 34.7, Fe 21.5, Mn 4.3, Ca 880, Zn 7.2, Cu 1.3 y Mg 484. Se determinó el perfil de ácidos grasos (ácidos mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linoléico) de los cultivares 'Estrella', 'Mansa' y 'Picuda', y se observó algunas diferencias entre cultivares. Tomando en consideración los problemas de hambruna, inseguridad alimentaria y malnutrición que experimentan algunos segmentos de la población rural de Guatemala así como el potencial nutricional de las hojas de Chaya, se considera que esta planta puede ser una opción no solo para el consumo humano sino también para consumo animal.

**Palabras clave:** Cultivares *Cnidoscopus aconitifolius*, alimento, proteína, plagas y enfermedades.

## Abstract

This study was carried out to characterize botanical-, molecular-, agronomical- and chemically several Chaya cultivars (*Cnidoscopus aconitifolius*) commonly found in Guatemala. Germoplasm was collected through out Guatemala and the botanical description of the wild Chaya species and the 4 semidomesticated groups ('Estrella', 'Mansa', 'Plegada' y 'Picuda') was performed. The germoplasm was planted as a living collection in the Ag Experimental Station of Universidad del Valle de Guatemala in the South coast. Thereafter, 2 field trials with selected Chaya accessions were established in the Pacific coast. A genetic similitude of about 25 – 35 % among Chaya cultivars was determined, and apparently the domesticated Chaya cultivars evolved from the wild specie. The genetic similitude among accessions (samples) within each Chaya group was about 50 – 60 %. The 4 semidomesticated cultivars were identified as *Cnidoscopus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*; whereas the wild specie was classified as *Cnidoscopus* sp. (probably *C. multilobus* ssp. *multilobus*). Significant difference ( $p < 0.05$ ) among sites and Chaya cultivars was found for dry leaf (without petiole) biomass ('Picuda' (6.1 t/ha) > 'Estrella' (5.7 t/ha) > 'Plegada' (5.3 t/ha) > 'Mansa' (3.6 t/ha). The insect *Corythucha* sp, the fungus *Puccinia* sp. and the mite *Tetranychus urticae* were found at a pest level in the different Chaya cultivars. All of the Chaya cultivars presented a high protein, ash, fat and mineral content. The average chemical composition of the Chaya cultivars was, (%): ash 9.2, protein 31.2, fat 7.9, leaf moisture 78; (mg / 100 g): HCN 34.7, Fe 21.5, Mn 4.3, Ca 880, Zn 7.2, Cu 1.3 y Mg 484. The fat acid profile (miristic, palmitic, ester, oleic, linoleic y linolenic acids) of the 'Estrella', 'Mansa' y 'Picuda' cultivars was also determined, and some differences among cultivars were observed. Taking into consideration the mad hunger, food insecurity and malnutrition problems that affect several population segments in the rural area of Guatemala, as well as the potential of the Chaya leaves, that plant might be considered as a good option for human food and animal feed.

**Key words:** *Cnidoscopus aconitifolius* cultivars, food source, protein, pests and diseases

## Introducción

En Mesoamérica existen especies nativas de plantas que están siendo subutilizadas en la alimentación humana y animal. Una de ellas es la Chaya (*Cnidoscopus aconitifolius*; Euphorbiaceae), la cual aparentemente fue una fuente importante de alimento para humanos en la cultura Maya en la época precolombina (de Landa, 1982).

Actualmente se le utiliza en muy poca escala, por lo que para la mayor parte de la población guatemalteca es una planta desconocida. Sin embargo, en el área rural de Mesoamérica, particularmente en el sur de México, la planta es todavía utilizada como fuente de alimento (humano y animal) y para propósitos medicinales.

La Chaya es un arbusto que puede crecer hasta 5 - 6 m de altura y produce gran cantidad de biomasa (hojas y cogollos). Esta planta tropical está adaptada para crecer en ambientes húmedos y secos, desde el nivel del mar hasta una altura de aproximadamente 1,500 msnm (Martin y Ruberté, 1978; National Academy of Science 1975; Breckon, 1975).

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

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

El mismo es reconocido en varias partes del mundo como Norteamérica (NAS, 1975), el Caribe (Martín et al., 1977), África (Donkoth et al., 1999) y el Sudeste de Asia (Peregrine, 1983). En comparación con otras hojas comestibles, la composición de hojas de Chaya sobresale por su alto contenido de Vitamina C, provitamina A (β-caroteno) y proteína así como por su bajo porcentaje de humedad (Molina Cruz et al. 1997a). El contenido de proteína

en base seca es superior al del frijol común (25 %), *Phaseolus vulgaris* L. (NCAP – ICNND, 1961). Aunque contiene glucósidos cianogénicos (como HCN), aparentemente estos son eliminados durante la cocción de los alimentos (Stephens, 2003; Molina Cruz et al. 1997b).

Actualmente no existe suficiente información etnobotánica, agronómica y nutricional sobre las Chayas de Guatemala. Los pocos estudios realizados en el país han sido principalmente por la Universidad del Valle de Guatemala (Molina Cruz y Cifuentes, 2001; Cifuentes y Molina Cruz, 2000).

Los objetivos del presente estudio fueron a) caracterizar botánica, molecular y químicamente las Chayas de Guatemala y b) evaluar agronómicamente los materiales semidomesticados (producción de biomasa y organismos asociados a las plantas).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colección de germoplasma de Chaya

La colecta de material (accesiones) de Chaya se llevó a cabo en el año 2006 en las regiones norte (Petén, Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal), sur (Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu), oriente (El Progreso, Chiquimula, Zacapa y Jutiapa) y occidente del país (Huehuetenango y Quetzaltenango). En cada uno de los 137 puntos de muestreo se registraron las coordenadas geográficas, la altitud y, en donde se tuvo la oportunidad, se entrevistó a los propietarios de los sitios para indagar sobre el nombre común de la planta y los usos que le dan a la misma. Se realizó la descripción botánica preliminar, se colectaron muestras de hojas, flores y frutos para su posterior estudio en el herbario. También se colectaron tallos (esquejes) de aproximadamente 30 cm de longitud.

Los esquejes fueron secados a la sombra durante una semana y posteriormente fueron sembrados en bolsas de polietileno conteniendo 2/3 de tierra negra y 1/3 de arena. Las plantas fueron regadas de una a dos veces por semana y posteriormente fueron trasplantadas en el campo experimental agrícola de UVG sede Sur con el propósito de establecer una colección viva.

### Producción de biomasa y tasa de crecimiento de cultivares semidomesticados

Diez meses después de establecer la colección viva en el campo experimental agrícola de UVG Sur, se seleccionaron y colectaron esquejes de algunas

accesiones de Chaya domesticada (Cuadro 1) para establecer ensayos de campo. Las mismas fueron agrupadas en 4 tipos (Chaya 'Estrella', 'Mansa', 'Picuda' y 'Plegada') (Gráfica 1) con base en la forma de las hojas y en la clasificación botánica de los cultivares. Las accesiones seleccionadas fueron utilizadas también para complementar la caracterización botánica y realizar los estudios agronómicos, caracterización molecular y de composición química.

Los ensayos de campo fueron establecidos en 2 sitios del departamento de Escuintla en agosto de 2007 (Gráfica 2). Un sitio fue el campo experimental agrícola de UVG Sur ubicado en Santa Lucía Cotzumalguapa a una altitud de 356 msnm, con precipitación pluvial de 3,489 mm / año, temperatura media anual de 25 °C, suelo Andisol (suelo de origen volcánico) de textura franca y pH de 6.1 (CENGICAÑA, 2008; CENGICAÑA, 1996). El otro sitio se ubicó en la Finca Monte Alto, Gomera, a una altitud de 157 msnm, con precipitación pluvial de 4,116 mm/año, temperatura media anual de 27 °C, suelo Entisol (suelo reciente) de textura arena franca y pH de 6.5. En ambos sitios la época seca (noviembre – abril) fue de 6 meses, por lo que hubo necesidad de utilizar riego.

En cada uno de los sitios experimentales se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones (Lentner and Bishop, 1986). Cada unidad experimental consistió de 4 arbustos de Chaya de los cuales los dos arbustos centrales fueron utilizados para monitorear las diferentes variables de respuesta.

Las plantas fueron cosechadas a mano tres veces durante la evaluación de los cultivares (agosto 2007 a octubre de 2008) (Gráfica 3). Durante el primer

Gráfica 1. Tipos de Chaya Evaluados en los Ensayos de Campo



a) 'Estrella'

b) 'Mansa'

c) 'Picuda'

d) 'Plegada'

**Cuadro 1.** Acciones seleccionadas para los diferentes estudios de Chaya

Tipo de cultivar	Código	Lugar de recolección	Altitud (msnm)
'Estrella'	3.9	Chiquimula - Chiquimula -	843
	5.7	El Calvillo I – Escuintla -	459
	5.8	El Calvillo II – Escuintla -	488
	6.3	Lo de López – Huehuetenango -	1,478
	7.1	Quiriguá – Izabal -	95
	8.3	Santa Cruz – Jutiapa -	634
'Mansa'	3.2	Jocotán – Chiquimula -	495
	3.4	Camotán - Chiquimula -	507
	3.5	Quetzaltepeque – Chiquimula -	832
	12.2	El Cerinal – Santa Rosa -	1,078
	14.4	La Fragua – Zacapa	198
	14.7	Usumatlán – Zacapa -	283
'Picuda'	1.3	Chisec – Alta Verapaz -	256
	3.1	San Juan la Ermita – Chiquimula -	584
	7.4	Morales – Izabal -	85
	8.1	Las Lajas – Jutiapa -	904
'Plegada'	0.1	Chicacao – Suchitepéquez -	371
	0.2	El Tumbador – San Marcos -	916

(abril de 2008) y tercer cortes (octubre de 2008) se cosecharon solamente hojas, en tanto que en el segundo corte (julio de 2008) las plantas fueron podadas a una altura de aproximadamente 1.2 m. En cada corte se registró la altura de las plantas y la biomasa de hojas fue pesada en el campo. Se colectaron muestras para determinación de humedad en los laboratorios del campus central de UVG.

Las variables de respuesta incluyeron la producción de biomasa (fresca y seca) y la tasa de crecimiento hasta el segundo corte, en el cual las plantas fueron podadas. El análisis estadístico consistió en análisis de varianza combinado (sitios, cultivares y época de corte) y el uso de la Diferencia Mínima Significativa (LSD por su siglas en Inglés) como procedimiento para la separación de medias (MSTATC (Michigan State University, 1989)).

### Caracterización molecular

Este estudio se llevó a cabo en hojas jóvenes de Chaya cosechadas durante la segunda colección de biomasa en los dos sitios experimentales. La hojas se

almacenaron liofilizadas. La extracción de ADN genómico se llevó a cabo mediante el uso de la solución Plant DNAzol de Invitrogen y posterior resuspensión en agua doble destilada. El análisis y procesamiento del ADN extraído fue llevado a cabo con el kit comercial Invitrogen de AFLP para plantas. La selección de iniciadores para la amplificación de los fragmentos de ADN digeridos y preamplificados se llevó a cabo utilizando los iniciadores M-CAT / E-AGC y M-CTT / E-AGG. Los fragmentos de amplificación se observaron mediante su separación en base a su masa-carga en un gel de bis-acrilamida al 6%, y tinción con nitrato de plata.

El posterior análisis de las muestras y la elaboración de los dendrogramas fue realizado por medio del software estadístico DNALAB v2.0. Se utilizó el método de UPGMA para agrupar los linajes de la Chaya.

### Composición química

Este estudio se llevó a cabo a partir de hojas cosechadas durante la primera (abril de 2008) y tercera colección de biomasa (octubre 2008). Muestras de

**Gráfica 2.** Panorámica de los ensayos de Chaya en cada sitio experimental



a) Sitio en UVG - Sur

b) Sitio en la Gomera

**Gráfica 3.** Cosecha manual de hojas de Chaya en el sitio UVG Sur



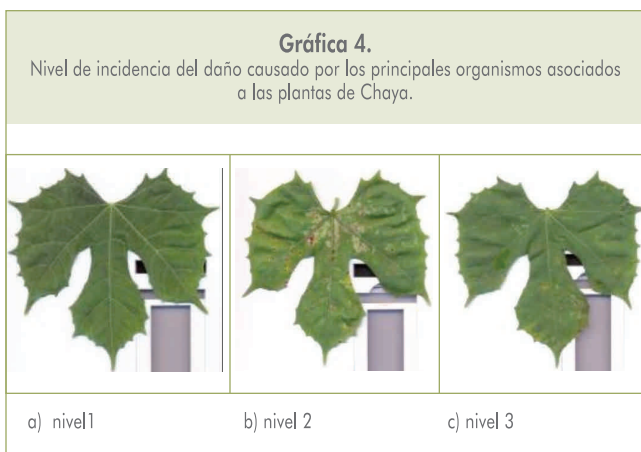
hoja (hojas 3, 4 y 5 desde la punta del cogollo) de cada una de las accesiones fueron colectadas y transportadas al laboratorio para la determinación de composición química. En el laboratorio, los pecíolos fueron removidos de las hojas, luego tratadas con vapor de agua, secadas a 60°C hasta alcanzar un peso constante, molidas a 60 – 80 mesh y almacenadas en recipientes de vidrio para luego ser analizadas. Material fresco fue utilizado para la determinación de glucósidos cianogénicos como determinaciones de HCN. El resto de parámetros fue determinado del material seco y molido.

Las variables de respuesta en las hojas incluyeron: humedad, proteína, cenizas y grasa determinadas por los métodos oficiales de la AOAC (1984). Así mismo, se establecieron los valores de HCN por la metodología de la AOAC, el contenido de minerales (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y Mn) por absorción atómica (AOAC, 1984) y el perfil de ácidos grasos por el método de trifloruro de boro, cromatografía de gases (AOAC, 1984). El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza combinado y el uso de LSD como herramienta de separación de medidas de los tratamientos.

### Organismos Asociados a las Plantas de Chaya

Este estudio se llevó a cabo aproximadamente 1 año después de la última colección de biomasa (octubre 2008), utilizando los mismos ensayos de Chaya mencionados anteriormente. A partir de la última colección de biomasa no se aplicó ningún tipo de pesticida y no se controlaron las malas hierbas para evitar eliminar algunos organismos.

Se colectaron 4 muestras aleatorias (30 hojas por muestra) de cada una de los 4 tipos de Chaya domesticada ('Mansa', 'Picuda', 'Estrella', and 'Plegada') en cada uno de los sitios experimentales. Las hojas se colectaron de la base, la parte media y la parte joven de las ramas de Chaya. Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel kraft y transportadas al laboratorio del campus central de UVG. Se registró la presencia de organismos en las hojas colectadas así como el nivel de daño causado por los principales organismos. El nivel de daño fue separado en los niveles 1 (correspondió a un daño ligero y localizado), 2 (hojas dañadas pero con más del 50 % del área de la hoja sin daño) y 3 (hoja con más del 50 % del área foliar dañada) (Gráfica 4). Previo a su análisis, los datos registrados en porcentaje fueron transformados con la función arcoseno (López, 2008).

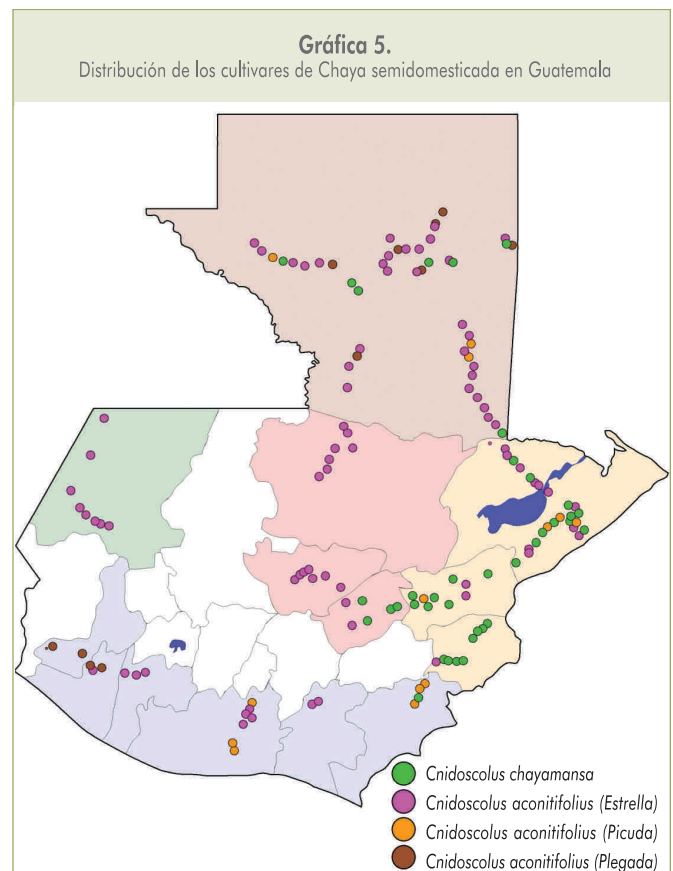


## RESULTADOS

### Clasificación, distribución geográfica y usos de las Chayas semidomesticadas encontradas en Guatemala.

Se encontraron los 4 tipos de Chaya domesticada reportados en otros estudios (Molina-Cruz et al., 1997a). En la mayor parte de sitios, la Chaya se encontró como parte de un cerco vivo, y eventualmente como planta ornamental (Jutiapa). Los 4 cultivares semidomesticados se clasifican como *Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius* (Mill) I.M. Johnston, y por la forma de sus hojas incluye 4 diferentes variedades ('Estrella', 'Mansa', 'Picuda' y 'Plegada') (Gráfica 1). El cultivar 'Mansa' fue clasificado previamente como *Cnidoscolus chayamansa* (McVaugh, 1944).

La Chaya se encontró en todos los departamentos visitados (Gráfica 5), desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1,500 msnm. Algunos tipos de Chaya prevalecieron en algunas regiones. Por ejemplo: Chaya 'Mansa' se encontró únicamente en el oriente del país y El Petén, en tanto que el cultivar 'Plegada' se encontró en el sur del país y en el Petén. El material 'Estrella' se encontró en todos los departamentos visitados y es el que tiene la mayor distribución en el país. El departamento con mayor diversidad fue El Petén con los 4 cultivares de Chaya seguido por Izabal con tres cultivares. En el oriente del país reconocen la planta como 'Chatate' mientras que en otras regiones como 'Chaya' o 'Copapaya'. En la mayor parte de regiones visitadas la utilizan esporádicamente para consumo humano (sopas, como vegetal, en cocido, frito con huevos, frito con tomate y cebolla o en pinol) y animal (alimentación de cerdos). En la viñeta se presentan algunas recetas recopiladas durante las visitas de campo.



## Descripción botánica de los cultivares semidomesticados y silvestres

### Cultivar `Estrella`

La planta es un arbusto o árbol pequeño de hasta 6 m de alto. Presenta tallos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas, con pecíolos largos (Gráfica 6) que tienen 1 ó 2 glándulas esféricas grandes en la base acorazonada de la lámina foliar tri- o pentalobulada. Los ápices de los lóbulos son largamente acuminados y los bordes gruesamente dentados. A veces con pelos urticantes presentes, pero generalmente ausentes. Debido a pequeñas diferencias en las hojas, se encontró tres diferentes tipos de hoja en las accesiones 3.9, 5.8 y 8.3, en tanto que las accesiones 6.3 y 7.1 presentaron 2 tipos de hoja.

Las pequeñas flores blancas unisexuales se encuentran en inflorescencias largamente pedunculadas (Gráfica 7). Las flores femeninas apétalas, con brácteas blancas nacen en el centro de las bifurcaciones de la inflorescencia cimosa. Los frutos son cápsulas globosas de verde brillante con los carpelos bien marcados y semillas elipsoides de color café oscuro. Pocas flores masculinas se encontraron en las ramificaciones cortas de la cima. Excepto por la accesión 6.3 (Lo de López, Huehuetenango) que presenta abundantes flores y frutos (Gráfica 8), el resto de cultivares presenta escasas flores y casi no presenta frutos.

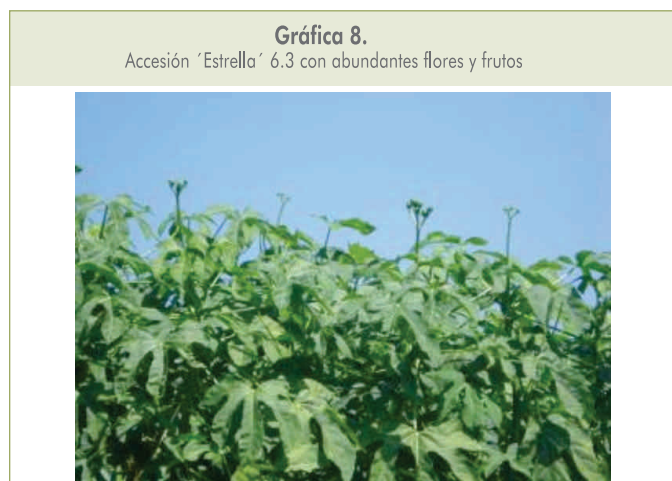
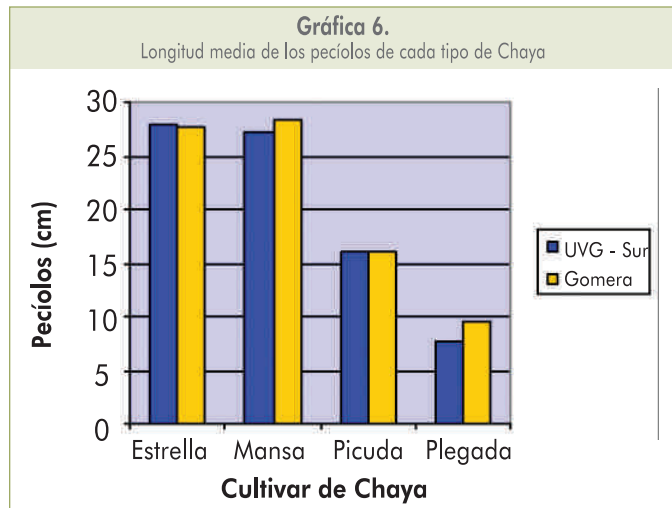
### Cultivar `Mansa`

La planta es un arbusto herbáceo de aproximadamente 2 - 4 m de alto. Presenta tallos semileñosos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas, de poca pronunciación trilobada, pecíolo largo (Gráfica 6) con 2 glándulas ovoides por la base del limbo; los lóbulos son anchos con bordes enteros u ondulado - dentado y ápices acuminados. La base del limbo es truncado- acorazonado. Las láminas de las hojas de `Mansa` presentan la mayor área foliar en comparación con el resto de cultivares (Gráfica 9). Debido a pequeñas diferencias en las hojas, se encontró dos tipos de hoja en las accesiones 4.5, 12.2, 14.4 y 14.7.

Las escasas inflorescencias son cimas pequeñas en las cuales se observaron únicamente flores femeninas de las cuales no se desarrollan frutos (Gráfica 10).

### Cultivar `Plegada`

La planta es un arbusto de hasta 3 m de alto. Presenta tallos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas, suborbiculares, flabeladas (en forma de abanico), con 3 - 5 lóbulos, de 5 - 10 cm de ancho y de 14 cm de largo, más o menos traslapados, ápice largamente acuminado, bordes gruesamente dentados y pelos urticantes presentes. La base del limbo es un seno acorazonado abierto. El pecíolo es corto (Gráfica 6) y tiene una glándula elipsoide grande. El área foliar es menor a la determinada para los cultivares `Mansa` y `Estrella` (Gráfica 9). Debido a pequeñas diferencias en las hojas, se encontró dos tipos de hoja en las accesiones 0.1 y 0.2.



Produce inflorescencias con el pedicelo principal de 2 - 3 ramificaciones, cada ramificación con 2 - 3 bifurcaciones. Se observó solo 1 flor femenina situada en el centro de la bifurcación principal, 1 cápsula verde lisa. La flor masculina tiene 10 estambres, 5 en la parte inferior y 5 en la parte superior de una columna la cual termina en 3 apéndices filiformes estériles. Las ramificaciones de la inflorescencia, la parte exterior de los pétalos, del tubo de la corola y del cáliz están provistos de cortos tricomas. Este cultivar presenta flores abundantes pero usualmente no presenta frutos (Gráfica 11).

**Cultivar `Picuda`**

La planta es un arbusto de hasta 3 m de alto generalmente con una copa redondeada. Presenta tallos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas; con pecíolos largos (Gráfica 6) son palmatimente 5 -7 lobadas casi hasta la base del limbo. Los lóbulos, a su vez, son pinnatifidamente lobados, con borde dentado, ápice largamente acuminado o caudado, sin pelos urticantes. Se usa en Guatemala únicamente como planta ornamental. Las hojas del cultivar `Picuda` presentan la menor área foliar (Gráfica 9).

Las inflorescencias son cimas redondeadas, no profusas. La mayoría de las inflorescencias tienen flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas están siempre en el centro de una bifurcación. Las flores masculinas están al final de cada una de las ramificaciones cortas. Los pétalos de las flores femeninas son más pequeñas y menos anchos que los pétalos de las flores masculinas, las cuales tienen 10 estambres formando una columna que termina en 3 apéndices filiformes estériles. En las cápsulas hay 3 grandes semillas de color café oscuro. Este cultivar presenta flores y frutos abundantes casi todo el año (Gráfica 12).

**Especie `Silvestre`**

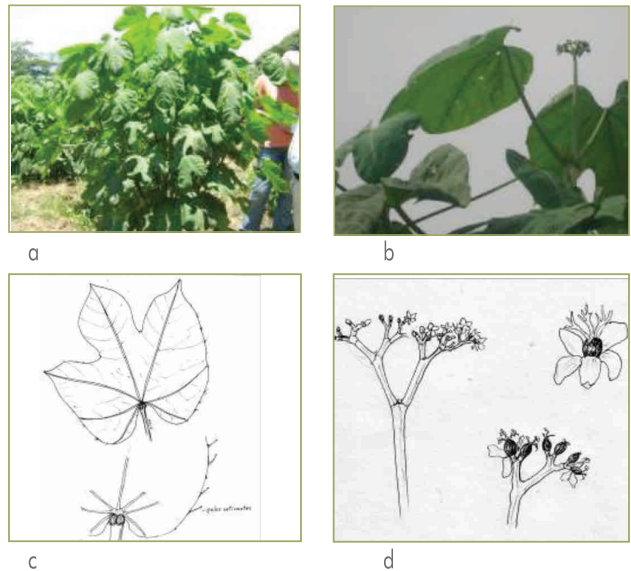
Es un arbusto de hasta 3 - 5 m de altura clasificado como *Cnidocolus* sp. (posiblemente *C. multilobus* ssp. *multilobus*). Presenta tallos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas, grandes, con pecíolos largos cubiertos de pelos urticantes muy largos y rígidos. Las hojas tienen 3 - 7 lóbulos con bordes gruesamente dentados y ápice largamente acuminado. El lóbulo central mide 35 cm de largo y 17 cm de ancho. Los lóbulos laterales son

siempre algo más cortos y menos anchos. En el envés de la hoja hay pelos urticantes solamente en el nervio central y los nervios laterales, pero no en la lámina foliar.

Las inflorescencias son redondeadas o abiertas. Flores femeninas se encuentran sólo en el centro de las bifurcaciones. Las flores masculinas se desarrollan al final de las ramificaciones cortas. La cápsula madura es de verde oscuro y está cubierto por una capa (indumento) de tricomas. Las pequeñas semillas son de color café claro. El cultivar `Silvestre` presenta flores y frutos casi todo el año (Gráfica 13).

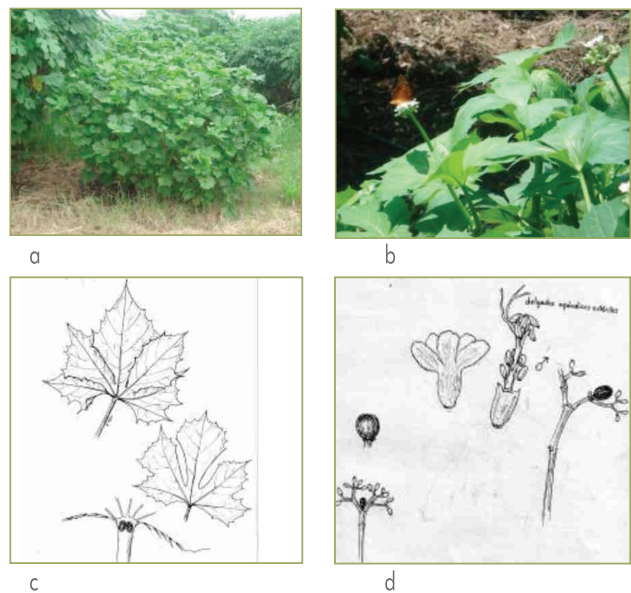
**Gráfica 10.**

Arbusto (a), Inflorescencia (b), Detalles de las hojas (c) y Detalle de la inflorescencia y Flor del cultivar `Mansa` (d).



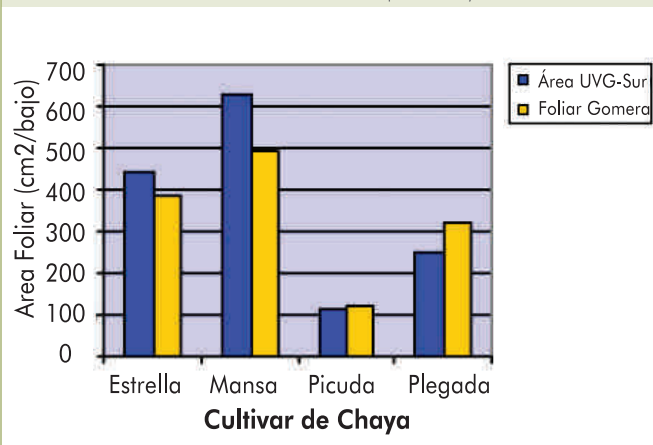
**Gráfica 11.**

Arbusto (a), Inflorescencia (b), Detalle de las hojas (c) y Detalle de la inflorescencia y Flor del cultivar `Plegada` (d).



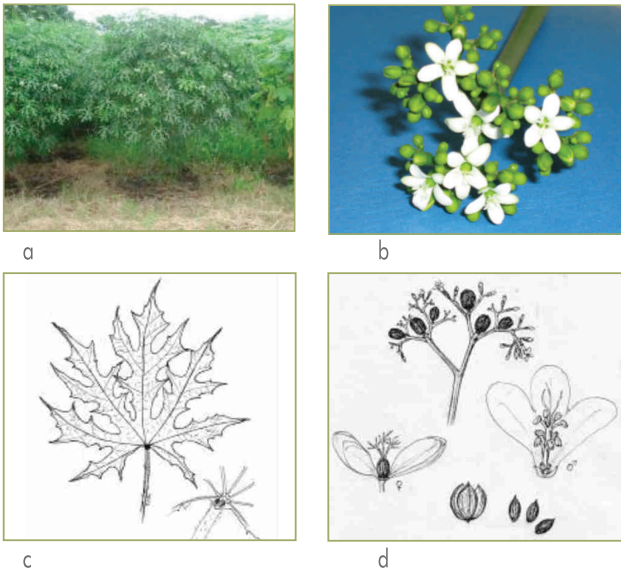
**Gráfica 9.**

Área foliar media de las hojas de Chaya.



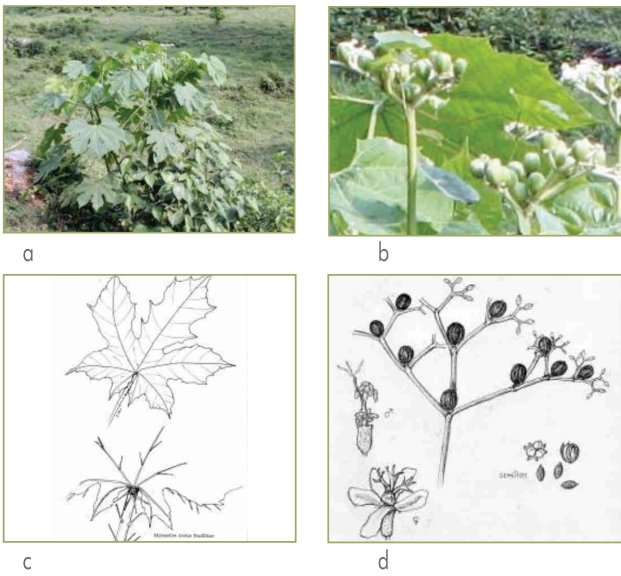
**Gráfica 12.**

Arbusto (a), Inflorescencia (b), Detalle de hoja (c) y Detalle de inflorescencias, flores y frutos del cultivar 'Picuda' (d).



**Gráfica 13.**

Arbusto (a), Inflorescencia (b), Detalle de hojas (c) y Detalle de inflorescencia, flores y frutos de la especie 'Silvestre' (d).



**Producción de biomasa y tasa de crecimiento**

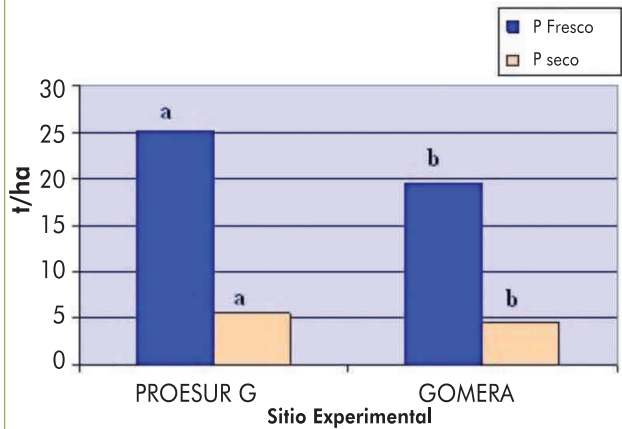
La biomasa de hoja (hojas sin peciolo) varió entre sitios (Gráfica 14). Altos valores de biomasa fueron obtenidos en el sitio UVG – Sur en comparación con el sitio 'La Gomera' ( $p < 0.05$ ). Debido a que ambos sitios fueron manejados en forma similar, el efecto es el resultado de la integración de las condiciones de suelo y clima de cada sitio.

La producción de biomasa se incrementó en cada corte (Gráfica 15) ( $p < 0.05$ ), y la tasa de incremento de la producción varió entre cultivares y sitios.

Se encontró diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) en la producción de biomasa entre cultivares. Los cultivares 'Estrella', 'Picuda' y 'Plegada' resultaron con rendimientos similares y superiores tanto en materia fresca como en materia seca con relación al cultivar 'Mansa' (Gráfica 16). El orden de producción de materia fresca fue 'Plegada'  $\approx$  'Picuda'  $\approx$  'Estrella'  $>$  'Mansa', en tanto que el de materia seca fue 'Picuda'  $\approx$  'Estrella'  $\approx$  'Plegada'  $>$  'Mansa'. La diferencia en el orden de producción de biomasa fresca y seca del cultivar 'Plegada' fue debido al contenido de humedad de dicho cultivar (82%), el cual fue superior al resto (Cuadro 4).

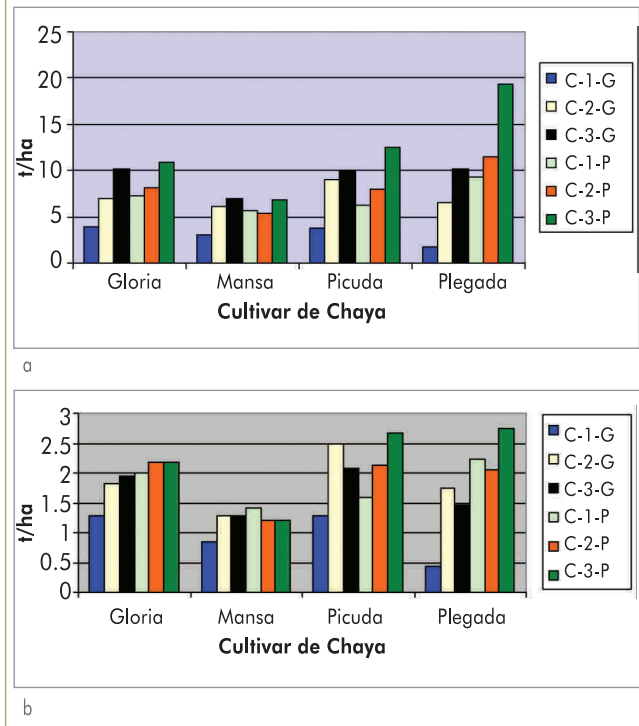
**Gráfica 14.**

Efecto principal del sitio experimental sobre la producción de hojas de Chaya.



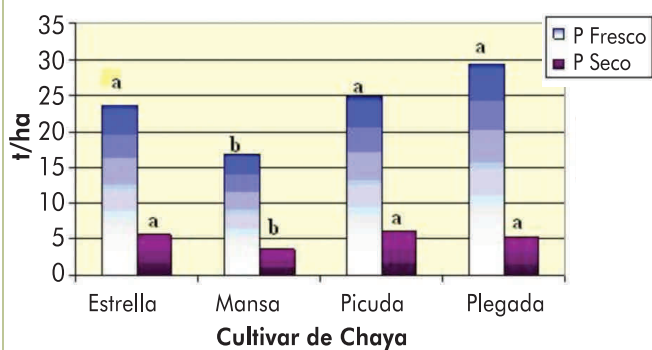
**Gráfica 15.**

Materia fresca (a) y seca (b) en cada corte (C) de hojas de Chaya evaluada en UVG Sur (P) y Gomera (G).



**Gráfica 16.**

Efecto principal del cultivar de Chaya sobre la producción de biomasa de hojas frescas y secas (Cultivares con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ )).



Algunas diferencias en la producción de biomasa también se encontraron entre las diferentes accesiones que conformaron cada grupo. No diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) fue determinada entre las accesiones de los cultivares 'Mansa' y 'Plegada'. Entre las accesiones de 'Estrella', la accesión 7.1 (colectada en Quiriguá, Izabal) y la accesión E-3.9 (colectada en Chiquimula, Chiquimula) fueron superiores al resto. Entre las accesiones de 'Picuda', la accesión 7.4 (Morales, Izabal) fue inferior en rendimiento al resto.

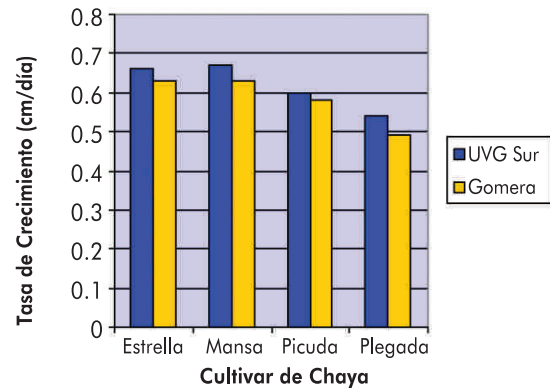
La tasa de crecimiento (con base en la altura de planta hasta el segundo corte) fue similar en ambos sitios (Gráfica 17). La tasa de crecimiento siguió el siguiente orden: 'Mansa' 0.67 cm/d  $\approx$  'Estrella' 0.66 cm/d  $\approx$  'Picuda' 0.60 cm/d > 'Plegada' 0.54 cm/d. La Chaya 'Plegada' resultó con la menor tasa de crecimiento y altura de planta (1.66 m).

### Organismos asociados a los cultivares de Chaya

Los principales organismos que se encontraron asociados a las plantas de Chaya incluyeron insectos, ácaros y hongos. El insecto *Corythucha* sp.

**Gráfica 17.**

Tasa media de crecimiento de los 4 tipos de Chaya evaluados en 2 sitios experimentales.



(Hemiptera: Tipulidae) y el hongo *Puccinia* sp. (Uredinales: Pucciniaceae) fueron encontrados a nivel de plaga en ambos sitios experimentales. El nivel de presencia del hongo fue mucho mayor que la presencia del insecto (Cuadro 2).

En UVG Sur, Chaya 'Plegada' fue la menos afectada por *Puccinia* sp. y ácaros, en tanto que el cultivar 'Picuda' fue el menos susceptible al daño por *Corythucha* sp. La presencia de otros insectos fue similar entre los 4 cultivares de chaya.

En el sitio Gomera la presencia de *Puccinia* sp, ácaros y otros insectos fue similar entre cultivares. El cultivar 'Estrella' fue el menos afectado por *Corythucha* sp.

*Corythucha* sp. daña ambos lados de las hojas. Aparece como puntos de color blanco sobre la lámina de la hoja. A veces aparece como puntos oscuros sobre la hoja debido al excremento utilizado por el insecto para proteger los huevos (Gráfica 18). Eventualmente, el arbusto completo de Chaya puede llegar a ser defoliado.

**Cuadro 2.** Presencia de organismos en hojas de Chaya en los dos sitios experimentales

Cultivar	<i>Puccinia</i> sp	<i>Corythucha</i> sp UVG Sur	Acaros	Otros Insectos
Estrella	69.6 a1	51.2 ab	35.7 a	16.5 a
Picuda	68.6 a	31.4 b	28.0 ab	20.1 a
Plegada	52.4 b	58.5 a	21.4 b	21.5 a
Chayamansa	57.7 ab	59.1 a	28.4 ab	23.3 a
<b>Monte Alto, La Gomera</b>				
Estrella	70.2 a	19.7 a	19.3 a	15.3 a
Picuda	70.6 a	27.7 b	28.0 a	22.4 a
Plegada	56.2 a	30.0 b	30.0 a	15.6 a
Chayamansa	68.6 a	23.5 b	23.5 a	15.3 a

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

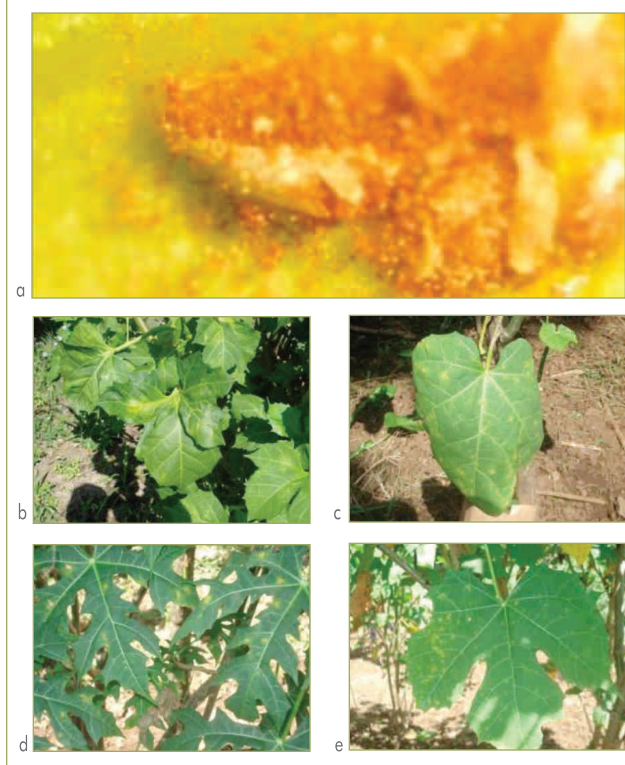
*Puccinia* sp. se presenta en las hojas de Chaya como manchas de color anaranjado – café (Gráfica 19) que corresponde a la presencia de las esporas del hongo. En los dos sitios experimentales, la presencia de *Puccinia* sp tendió a ser mayor en los cultivares 'Estrella' y 'Picuda' y menor en los otros dos cultivares de Chaya.

**Gráfica 18.** Sintomatología de la hoja (a), huevos (b) y adulto (c) del insecto *Corythucha* sp.





**Gráfica 19.** Esporas (a) y síntomas causados por *Puccinia* sp. a hojas de Chaya 'Estrella' (b), 'Mansa' (c), 'Picuda' (d) y 'Plegada' (e)



El nivel de daño causado por *Puccinia* sp y *Corythucha* sp en los cultivares "Estrella", 'Mansa' y 'Picuda' fue estadísticamente similar para los 3 niveles establecidos en ambos sitios. En las hojas del cultivar 'Plegada' el nivel de daño por roya se encontró en el nivel 1, lo cual implica que de alguna forma es un poco más tolerante que los otros cultivares al daño causado por *Puccinia* sp (Cuadro 3).

Adicionalmente, se encontraron larvas de Lepidóptera alimentándose de las hojas pero el nivel de daño no es considerado de importancia económica.

**Gráfica 20.** Ácaro *Tetranychus urticae* encontrado en hojas de Chaya.



Mariposas de Lepidóptera también fueron encontradas en la época de floración, buscando poner sus huevos. Las especies encontradas incluyeron: *Ascia monuste* (Pieridae), *Euptoieta hegesia* (Nymphalidae), *Tegosa guatemalensis* (Nymphalidae), *Anartia fatima fatima* (Nymphalidae), *Heliconius erato petiverana* (Nymphalidae), *Pteuourus pilimnus* (Nymphalidae), *Heliconius charitonius* (Nymphalidae).

Algunos insectos Homópteros de importancia irrelevante que se encontraron en las plantas fueron clasificados como: *Dysmicoccus brevipes*, (Homóptera: Pseudococcidae); *Pseudococcus viburni*, (Homóptera: Pseudococcidae) y *Tetraleurodes mori*, (Homóptera: Aleyrodidae).

Cuatro especies de ácaros fitófagos (1 Eriophyidae, 2 Tetranychidae (*Tetranychus urticae* y *Eutetranychus* sp.) y 1 Phytoseiidae) fueron encontrados en el envés de las hojas de Chaya. De éstos, únicamente *Tetranychus urticae* (Gráfica 20) se encontró en cantidades considerables.

### Caracterización molecular

En el Dendrograma de la Gráfica 21 se puede observar que cada una de las categorías diferenciales ('Estrella', 'Chayamansa', 'Picuda', 'Plegada' y 'Silvestre') se encuentran agrupadas en clados distintos; es decir, una rama de un árbol filogenético. Esto se debe a que tienen mayor similitud dentro de cada grupo categórico, que entre grupos. Esto es comprensible debido a que

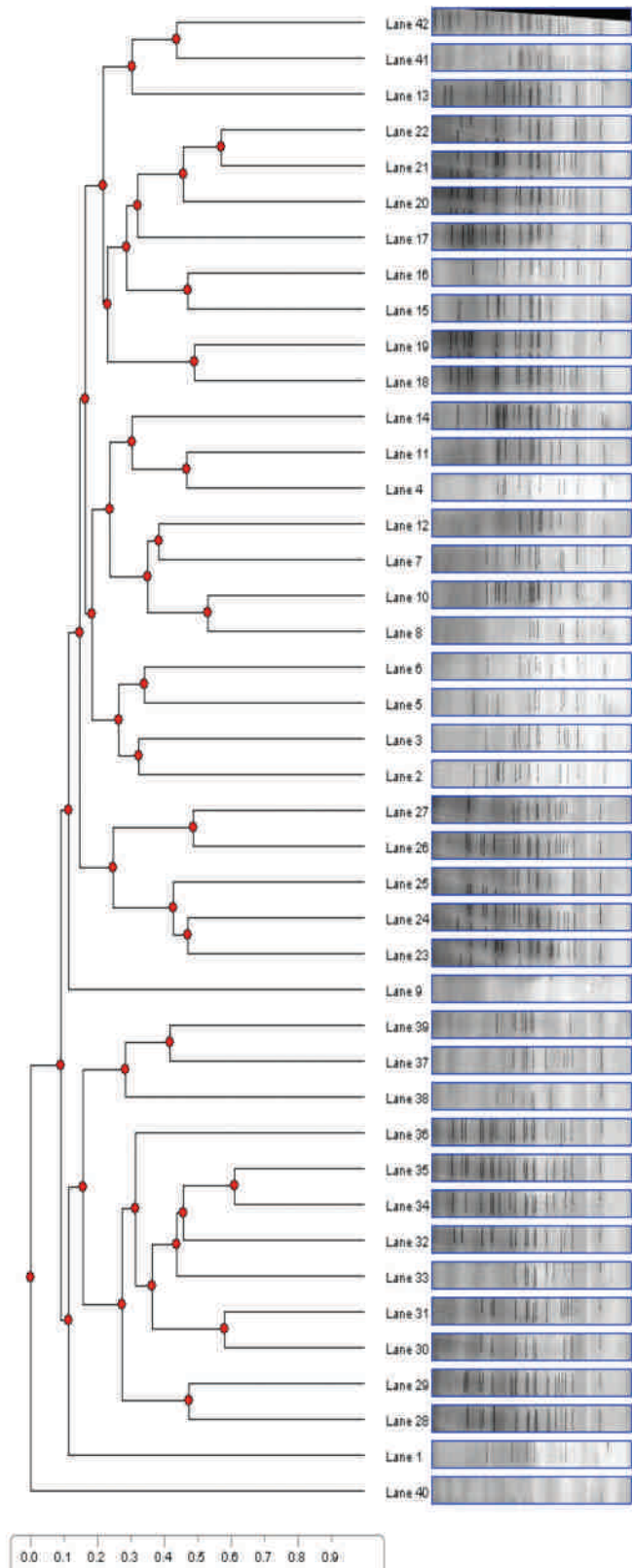
**Cuadro 3.** Incidencia del daño causado por *Puccinia* sp. y *Corythucha* sp) a los Cultivares de Chaya evaluadas en dos sitios experimentales.

Cultivar de Chaya	Nivel de Daño	Daño por <i>Puccinia</i> sp		Daño por <i>Corythucha</i> sp	
		UVG Sur	Gomera	UVG Sur	Gomera
Estrella	1	33.0 ab <sup>1</sup>	41.8 a	27.8 a	18.9 b
	2	28.7 b	29.8 a	21.8 a	25.1 b
	3	35.0 a	28.4 a	26.5 a	30.4 b
Mansa	1	27.1 a	39.8 a	34.6 a	29.9 a
	2	33.0 a	38.2 a	20.9 a	
	3	28.2 a	27.4 a	28.3 a	30.2 a
Picuda	1	23.9 a	43.6 a	26.1 a	25.0 a
	2	40.2 a	30.0 a	21.3 a	
	3	35.5 a	24.6 a	25.1 a	
Plegada	1	46.4 a	44.7 a	33.7 a	29.7 a
	2	14.7 c	28.8 b	31.6 ab	30.2 a
	3	27.8 b	30.8 b	19.6 b	30.1 a

<sup>1</sup> = Tratamientos con la misma letra son estadísticamente similares (p>0.05)

Gráfica 21. Dendrograma con UPGMA de las muestras de Chaya analizadas utilizando AFLP's.

Muestra <sup>1</sup>
42. Estrella, Ipala, Gomera - 3.9
41. Estrella, Ipala, UVG Sur -3.9
13. Estrella, Ipala, Gomera II -3.9
22. Chayamansa, Jocotán, Gomera II - 3.2
21. Chayamansa, Jocotán, Gomera I - 3.2
20. Chayamansa, Camotán, UVG Sur - 3.4
17. Chayamansa, Camotán, Gomera I - 3.4
16. Chayamansa, Santa Rosa, UVG Sur - 12.2
15. Chayamansa, Santa Rosa, Gomera I - 12.2
19. Chayamansa, La Fragua, Gomera I - 14.4
18. Chayamansa, Usumatlán, Gomera I - 14.7
14. Picuda, Jutiapa, Gomera I - 8.1
11. Picuda, Jutiapa, Gomera II - 8.1
04. Picuda, San Juan Ermita, Gomera II - 3.1
12. Picuda, Alta Verapaz, Gomera II - 1.3
07. Picuda, Alta Verapaz, UVG Sur - 1.3
10. Picuda, Morales, UVG Sur - 7.4
08. Picuda, Morales, Gomera I - 7.4
06. Plegada, Tumbador, UVG Sur - 0.2
05. Plegada, Tumbador, Gomera I - 0.2
03. Plegada, Chicacao, Gomera I - 0.1
02. Plegada, Chicacao, Gomera II - 0.1
27. Estrella, Lo de López, UVG Sur - 6.3
26. Estrella, Lo de López, Gomera II - 6.3
25. Estrella, El Calvillo, Gomera - 5.7
24. Estrella, el Calvillo II, UVG Sur - 5.8
23. Estrella, El Calvillo II, Gomera - 5.8
09. Plegada, Chicacao, Gomera II - 0.1
39. Estrella, El Calvillo I, UVG Sur - 5.7
37. Silvestre, Petén, UVG Sur
38. Silvestre, FTN, 3 lóbulos
36. Silvestre, FTN, 4 lóbulos
35. Silvestre, FTN, 5 lóbulos
34. Silvestre, FTN, 5 lóbulos y pared lisa
32. Silvestre, Petén, Gomera I
33. Silvestre, Petén, Gomera II
31. Estrella, Quirigua, UVG Sur - 7.1
30. Estrella, Quirigua, UVG Sur - 7.1
29. Estrella, Santa Cruz, UVG Sur - 8.3
28. Estrella, Santa Cruz, Jutiapa, UVG Sur - 8.3
01. Silvestre, FTN, 5 lóbulos
40. Tomate



<sup>1</sup> = Cultivar de Chaya, origen de la muestra, sitio de siembra-repetición y código (Cuadro 1)  
FTN = Franja Transversal del Norte

plantas que se parecen fenotípicamente deben compartir rasgos genéticos similares.

Al mismo tiempo se observa que las plantas silvestres parecen estar más alejadas genéticamente que el resto de las plantas, y que las plantas silvestres están mucho más relacionadas con algunas accesiones de plantas tipo 'Estrella', que con cualquiera de las otras categorías. De esta manera, las plantas en general toman el siguiente patrón evolutivo: Silvestre > Estrella > Plegada > Picuda > Chayamansa.

Esto significa que las tipo 'Estrella' están contenidas dentro de las Silvestre y que son mucho más parecidas entre sí que con las Plegadas, y que las Picudas son mucho más parecidas a las Plegadas que las de tipo Chayamansa, que al parecer parecen haberse dividido como grupo aparte en un momento más tardío de la evolución.

Las mayores diferencias entre grupos están presentes en las plantas de tipo 'Estrella'. Este cultivar presenta divergencias genéticas con respecto al resto de plantas, por lo cual es factible pensar que existe una mayor cantidad de variedades de genes dentro de estas plantas. Aunque ciertas plantas de chaya 'Estrella' (muestras 23, 24, 25, 26 y 27) muestran grandes similitudes genéticas entre sí.

Las muestras en general presentan un 25 a 35% de similitud entre sí. Este valor es una cantidad concordante con el hecho que se están observando diferencias

entre categorías de la misma especie. Las similitudes dentro de cada una de las categorías fueron de 50 a 60 %.

## Composición química

### a) Cenizas, proteína, grasas, humedad, HCN y minerales

La composición química varió significativamente ( $p < 0.05$ ) entre sitios (Cuadro 4), cultivares de chaya (Cuadro 5) y la época del corte (Cuadro 6). Un efecto significativo de la interacción entre dichos factores también fue determinado del análisis combinado.

El sitio UVG Sur fue superior al sitio Gomera en 6 de los 11 parámetros estudiados, en tanto que el sitio Gomera fue superior al sitio UVG Sur únicamente en dos de los parámetros estudiados. En el resto de parámetros, los resultados de los dos sitios fueron similares.

Aun cuando ningún cultivar de Chaya fue el mejor en todos los parámetros registrados, entre los dos cultivares más populares ('Estrella' (ampliamente distribuido en el país) y 'Mansa' (cultivar de la región semiárida)), 'Estrella' presentó el nivel más alto de proteína (32 %), grasa (8.87 %), Cu (1.57 mg / 100g), Mn (6.04 mg/100 g) y Ca (733 mg / 100 g) en comparación con 'Mansa'. El cultivar 'Estrella' no solo produce una alta cantidad de biomasa sino que también presenta una composición química atractiva, probablemente

**Cuadro 4.** Efecto principal del sitio experimental sobre la composición química de las hojas de Chaya.

Sitio Experimental	%				mg / 100 g						
	Cenizas	Proteína	Grasa	Humedad	HCN	Fe	Mn	Ca	Zn	Cu	Mg
UVG – Campus Sur	9.4 a	31.9 a	7.9 a	78 a	32.3 b	16.2 b	4.9 a	921 a	8.8 a	1.5 a	515 a
Gomera	8.8 b	30.6 b	7.9 a	77 a	36.5 a	27.9 a	4.0 b	832 b	5.7 b	1.4 a	456 b
<b>Promedio</b>	<b>9.1</b>	<b>31.2</b>	<b>7.9</b>	<b>77.5</b>	<b>34.4</b>	<b>22.0</b>	<b>4.4</b>	<b>876</b>	<b>7.2</b>	<b>1.4</b>	<b>486</b>

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ )

**Cuadro 5.** Efecto principal del cultivar de Chaya sobre la composición química de las hojas de Chaya

Cultivar de Chaya	%				mg / 100 g						
	Cenizas	Proteína	Grasa	Humedad	HCN	Fe	Mn	Ca	Zn	Cu	Mg
Gloria	8.5 c	32.8 a	8.8 a	76 bc	29.5 c	20.7 b	4.9 a	865 b	6.5 c	1.2 ab	456 bc
Mansa	9.4 b	29.4 c	7.4 b	79 ab	35.0 b	25.6 a	4.3 b	779 c	7.5 b	1.3 ab	470 b
Picuda	9.2 b	32.0 a	7.0 b	75 c	42.1 a	20.2 bc	4.5 b	1082 a	8.6 a	1.1 b	581 a
Plegada	9.8 a	30.6 b	8.2 a	82 a	32.2 bc	19.5 c	3.5 c	794 c	6.1 c	1.5 a	430 c
<b>Promedio</b>	<b>9.2</b>	<b>31.2</b>	<b>7.9</b>	<b>78.0</b>	<b>34.7</b>	<b>21.5</b>	<b>4.3</b>	<b>880</b>	<b>7.2</b>	<b>1.3</b>	<b>484</b>

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ )

**Cuadro 6.** Efecto principal de la época de corte sobre la composición química de las hojas de Chaya

Número de Corte	%				mg / 100 g						
	Cenizas	Proteína	Grasa	Humedad	HCN	Fe	Mn	Ca	Zn	Cu	Mg
Corte 1 (abril)	8.8 b	31.1 a	7.5 b	74 b	31.2 b	29.4 a	4.3 b	678 b	5.2 b	1.3 b	462 b
Corte 3 (octubre)	9.4 a	31.4 a	8.3 a	82 a	37.6 a	14.8 b	4.6 a	1075 a	9.3 a	1.6 a	510
<b>Promedio</b>	<b>9.1</b>	<b>31.25</b>	<b>7.9</b>	<b>78</b>	<b>34.4</b>	<b>22.1</b>	<b>4.45</b>	<b>877</b>	<b>7.25</b>	<b>1.45</b>	<b>486</b>

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ )

mejor que 'Picuda' que es el otro cultivar que produjo una alta cantidad de biomasa, pero este último es un cultivar más de tipo ornamental.

Los valores de ceniza, HCN, Ca y Mg fueron más altos en muestras colectadas en el primer corte (abril de 2008) en comparación con los resultados de muestras colectadas en el tercer corte (octubre de 2008), mientras que el contenido de Fe tendió a ser más alto en el corte de Octubre.

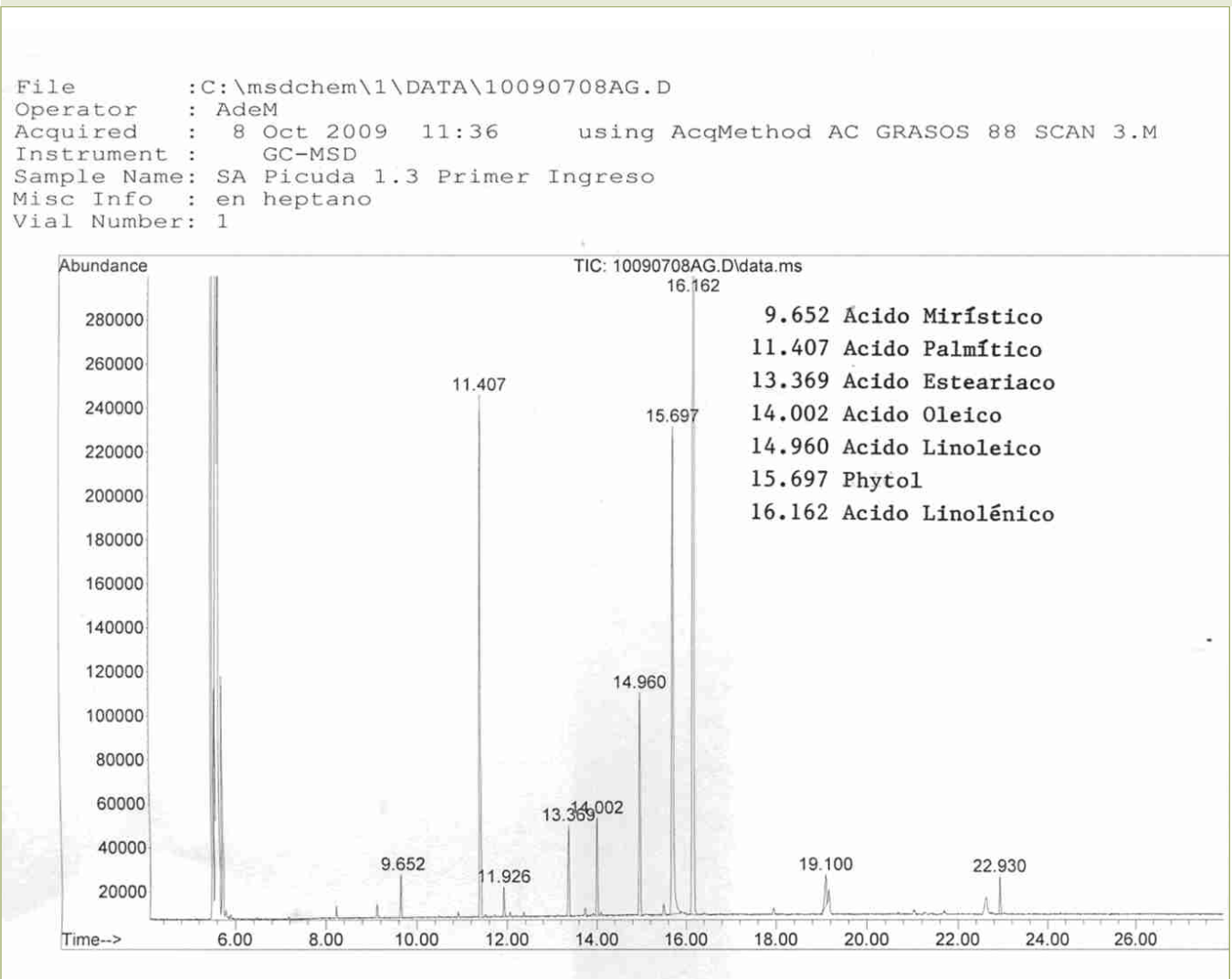
**b) Perfil de ácidos grasos de las hojas de Chaya**

Las hojas de Chaya 'Mansa', 'Picuda' y 'Estrella' contienen los siguientes ácidos grasos: Ácido mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico y ácido

linolénico. Es importante enfatizar que del perfil de los 3 cultivares, el contenido de omega-3 ácido graso, el ácido linolénico, es para todos los casos el ácido graso que muestra el contenido más alto. Sin embargo esto solo puede ser asegurado con un análisis cuantitativo (Gráfica 22).

El análisis también muestra la presencia de phytol para los 3 cultivares de chaya analizadas. Phytol es un alcohol diterpeno acyclico clave que es precursor de las vitaminas E y K<sub>1</sub>.

**Gráfica 22.** Perfil de ácidos grasos encontrados en el cultivar 'Picuda'.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Para obtener más información sobre las Chayas de Guatemala se realizó una colecta de germoplasma, se estableció una colección viva en el campo experimental agrícola de UVG sede Sur y se establecieron dos ensayos de campo en el Departamento de Escuintla.

Se encontraron los 4 tipos de cultivares semidomesticados ('Estrella', 'Mansa', 'Picuda' y 'Plegada') reportados anteriormente (Molina-Cruz et al., 1997a). Sobresale el cultivar 'Estrella' por su amplia distribución en el país, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 1,500 m de altitud (Lo de López, Huehuetenango). Los 4 tipos de Chaya difieren grandemente en su morfología, pero genéticamente muestran de 25 a 35 % de similitud, lo cual es de esperar ya que botánicamente los 4 tipos pertenecen a la misma especie (*Cnidoscolus aconitifolius*) y subespecie (*aconitifolius*) (Breckon, 1975). Debido probablemente a su diferente morfología, McVaugh (1944) había clasificado el cultivar 'Mansa' como *Cnidoscolus chayamansa*; sin embargo, más recientemente Breckon (1975) reclassifica dicho cultivar como *Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius* "innermis".

El nivel de similitud genética dentro de cada tipo de Chaya es de 50 a 60 %. Se encontró mayor diferencia en las plantas de 'Estrella', lo cual hace pensar que existe una mayor cantidad de variedades de genes dentro de esta categoría, aun cuando algunas accesiones de Chaya muestran grandes similitudes. Los resultados en el cultivar 'Estrella' concuerdan con la observación botánica en cuanto a los tipos de hojas presentes en algunas plantas (plantas con hojas de 2 ó 3 tipos), al encontrar la accesión Estrella – 6.3 (colectada en Lo de López, Huehuetenango) que es la única que produce abundantes flores y frutos y las diferencias en rendimiento entre las accesiones 3.9 y 7.1 con relación al resto de accesiones de 'Estrella'. Además, el cultivar 'Estrella' es el que comúnmente se encontró en las diferentes regiones visitadas del país.

La comparación de los cultivares semidomesticados con la especie silvestre (*Cnidoscolus* sp., posiblemente *C. multilobus* ssp. *multilobus*) (Breckon, 1975) indica que las plantas silvestres parecen estar más alejadas genéticamente que el resto de las plantas, y que las plantas silvestres están mucho más relacionadas con las plantas tipo 'Estrella' que con cualquiera de las otras categorías. Las plantas Silvestres al igual que accesiones de los cultivares 'Estrella' y 'Picuda' y 'Plegada' son las plantas más antiguas evolutivamente. Esto hace considerar la posibilidad que la especie de Chaya Silvestre es ancestro de los cultivares semidomesticados, los cuales han perdido algunas características importantes como la presencia abundante de pelos urticantes.

Se confirmó que únicamente las accesiones de 'Picuda' producen abundantes flores y frutos, que las accesiones del cultivar 'Plegada' producen abundantes flores pero que casi no producen frutos y que accesiones del cultivar 'Mansa' producen escasas flores y que no producen frutos. Aunque el mayor número de accesiones del cultivar 'Estrella' produce pocas flores y casi no producen frutos, se encontró que la accesión de 'Estrella' 6.3 sí produce abundantes flores y frutos. Aun cuando no se reportan los datos, se realizaron algunas pruebas de germinación con y sin escarificación y se encontró que la escarificación física aumentó el porcentaje de germinación, lo cual indica que las semillas de los cultivares de Chaya son viables y es una forma en que dichas plantas se pueden propagar en la naturaleza.

La producción de biomasa de hojas de los cultivares 'Estrella', 'Picuda' y 'Plegada' fue estadísticamente igual. El rendimiento de estos 3 cultivares fue superior al del cultivar 'Mansa'. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Molina Cruz y Cifuentes (2001), quienes también encontraron que el cultivar 'Mansa' presenta una menor producción de biomasa. Esto aparentemente es contradictorio, ya que en el presente estudio se encontró que en promedio, las hojas del cultivar 'Mansa' presentan la mayor área foliar y que las accesiones del cultivar 'Picuda' presentan la menor área foliar. Sin embargo, aunque no se realizó un conteo, el número de hojas que tienen los arbustos del cultivar 'Mansa' es mucho menor que el número de hojas encontrados en los otros cultivares.

Se encontró algunas diferencias en rendimiento entre accesiones del cultivar 'Estrella' y 'Picuda', no así para los cultivares 'Mansa' y 'Plegada'. Esto en cierta forma concuerda con los resultados de caracterización molecular los cuales indican que hay mayor diversidad genética en los cultivares 'Estrella' y 'Picuda' que en los otros dos cultivares. En el estudio sobre producción de biomasa y composición química no se incluyeron accesiones del cultivar silvestre ya que algunas plantas se perdieron durante la propagación de las mismas.

La producción de biomasa de los 4 cultivares se incrementó en los cortes 2 y 3, lo cual corresponde a la época de invierno, en donde el suelo usualmente no presenta niveles bajos de humedad, aun cuando en ambos sitios experimentales se aplicó riego de auxilio durante la época seca. Estos cambios son menos drásticos en accesiones del cultivar 'Mansa' debido probablemente a que es un cultivar que proviene de la región semiárida de Guatemala.

Los resultados de este estudio refutan la creencia general que las plantas de Chaya son relativamente inmunes al daño causado por plagas de insectos y enfermedades. Se encontró que uno de los problemas más importantes en el último tercio del año es el daño ocasionado por roya (*Puccinia* sp) así como algunos ácaros en la época de verano (*Tetranychus urticae*) y el insecto *Corythucha* sp. en diferentes épocas. Afortunadamente, los tres problemas son relativamente fáciles de controlar con la aplicación de agroquímicos de baja toxicidad amigables con el ambiente. Sin embargo, es de tener presente que a la hora de convertir esta planta como un cultivo, es necesario tomar en cuenta lo relacionado a insectos, ácaros y enfermedades causadas por hongos. No se detectó presencia de virus y bacterias fitopatógenas.

Otro de los problemas encontrados con algunas plantas de Chaya fue el acame de raíz (doblamiento desde la raíz de la planta) y lo quebradizo de sus tallos cuando soplaron fuertes vientos en alguna época del año. Se observó que los cultivares 'Estrella' y 'Mansa' fueron más susceptibles al daño por vientos que los otros dos cultivares. Probablemente debido a que las plantas de los dos primeros cultivares son más altas. Esto hace suponer que en aquellas regiones con problemas de fuertes vientos es necesario considerar el establecimiento de algunas cortinas rompevientos a la hora de iniciar una plantación de Chaya.

Con relación a la composición química de las hojas de Chaya, los aspectos que llaman la atención son varios. Uno de ellos es el contenido de proteína que varió entre 29.4 – 32.8%, valores que colocan a este recurso vegetal entre los más altos y comparable a los que se informan para las leguminosas

como alfalfa y el chipilín, bleado, soya y otras. Estudios biológicos iniciales indicaron que la calidad proteínica es alta sugiriendo un buen contenido de aminoácidos esenciales. Se encontró pequeñas diferencias (estadísticamente significativas) en el contenido de proteína entre las accesiones de los diferentes tipos de Chaya (no se presentan los datos) así como entre tipos de Chaya. Sin embargo, aunque estadísticamente significativas, desde un punto de vista práctico estas diferencias no son relevantes y la composición química de las diferentes accesiones se mantiene independientemente del origen de la planta.

Esto es positivo a la hora de impulsar algunos programas de seguridad alimentaria en donde las hojas de Chaya jueguen un rol dentro de la dieta alimenticia. La contribución de vegetales y legumbres para mejorar la nutrición del ser humano a nivel del mundo es ampliamente reconocida (Bressani, 1983).

El contenido de grasa varió entre 7.0 – 8.8%. Estos valores son altos para un tejido vegetativo como es la hoja. El aceite está formado por un contenido interesante de ácidos grasos como el oleico y linoleico. La composición de los ácidos grasos determinada en este estudio es posiblemente el primer reporte que se tiene de esta planta. Aunque se necesita más investigación al respecto, es de resaltar la calidad de los ácidos grasos, lo cual convierte a esta planta en un atractivo para los diferentes programas de seguridad alimentaria - nutricional que se impulsan en el país.

Otro aspecto de interés es el contenido de HCN, compuesto presente en las leguminosas y otros vegetales asociados por sus efectos tóxicos. El contenido varió entre 29.5 – 42.1 mg/100 g. Estos valores son intermedios entre los valores en otros productos. Por ejemplo la hoja de la yuca contiene en promedio 113 mg/100 g mientras que los frijoles lima contienen entre 14 – 17 mg/100 g. El sorgo está informado con un contenido de 250 mg/100 g y el Black eye psea (Cowpea) con 2.1 mg/100 g. (Lienev, 1989).

La Chaya presenta valores relativamente altos de hierro y zinc, dos minerales deficientes en la nutrición humana en varios partes del mundo. Es de interés establecer la biodisponibilidad de los minerales Fe, Zn y calcio.

Tomando en consideración el uso actual de los diferentes tipos de Chaya, la producción de biomasa, la distribución de los cultivares, el alto valor nutritivo de sus hojas y la similitud de la composición química entre cultivares, se sugiere impulsar el uso del cultivar 'Estrella' en las diferentes regiones de Guatemala (del nivel de mar hasta los 1,500 m de altitud) y el cultivar 'Mansa' en la región semiárida del país.

### Algunas conclusiones emanadas del presente estudio incluyen:

- Se determinó la distribución geográfica de los cultivares de Chaya semidomesticada en Guatemala.
- Se realizó la descripción botánica y morfológica de los cultivares semidomesticados y de algunas especies de Chaya silvestre.
- Todos los cultivares de Chaya semidomesticada, independientemente de la forma de las hojas, fueron clasificados como *Cnidoscolus aconitifolius* ssp. *aconitifolius*; en tanto que la especie silvestre fue clasificada como *Cnidoscolus* sp., posiblemente *C. multilobus* ssp. *multilobus*.
- Los 4 cultivares semidomesticados comparten una similitud genética de un 25 – 35 %, en tanto que la similitud genética entre accesiones de cada tipo de Chaya es de 50 – 60 %.

- La Chaya silvestre y los cultivares 'Estrella', 'Plegada' y 'Picuda' son probablemente las más antiguas evolutivamente.
- Las accesiones del cultivar 'Estrella' presentaron mayor heterogeneidad genética que los otros grupos de Chaya, y algunas accesiones de Chaya 'Estrella' están más cercanas genéticamente a las especies silvestres de la cual se supone que evolucionaron los diferentes tipos de Chaya semidomesticada de Guatemala.
- La producción de biomasa seca de hojas siguió el siguiente orden (t/ha): 'Picuda' (6.1)  $\approx$  'Estrella' (5.7)  $\approx$  'Plegada' (5.3) > 'Mansa' (3.6), en tanto que la tasa de crecimiento fue (cm/d): 'Mansa' (0.67)  $\approx$  'Estrella' (0.66)  $\approx$  'Picuda' (0.60) > 'Plegada' (0.54).
- Ninguno de los cultivares de Chaya semidomesticada fue inmune al daño causado por plagas, y los organismos asociados a Chaya que se encontraron a nivel de plaga fue el insecto *Corythucha* sp, el hongo *Puccinia* sp. y el ácaro *Tetranychus urticae*.
- Los cultivares 'Estrella' y 'Mansa' son un poco más susceptibles que los otros dos cultivares semidomesticados al daño (acame de raíz y tallo quebradizo) causado por fuertes vientos en algunas épocas del año.
- Se confirmó el potencial nutricional de los diferentes tipos de Chaya semidomesticada. Promediado sobre cultivares: En %: Cenizas 9.2, Proteína 31.2, Grasa 7.9, Humedad 78. En mg / 100 g: HCN 34.7, Fe 21.5, Mn 4.3, Ca 880, Zn 7.2, Cu 1.3 y Mg 484.
- Se determinó en forma preliminar el perfil de ácidos grasos (ácidos mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoléico y linoleico) de la Chaya 'Estrella', 'Mansa' y 'Picuda' y se observó algunas diferencias entre cultivares.
- La composición química de las hojas de Chaya fue influenciada mínimamente por los efectos de sitio, cultivar de Chaya y la época de corte, lo cual garantiza que la composición se mantiene independientemente del lugar en donde dicha planta se cultive.

## AGRADECIMIENTOS

M.Sc. Cecilia Falla y Dr. Manuel Porres, por su incondicional e importante colaboración en el estudio sobre organismos asociados a las plantas de Chaya. Ing. Agr. Rodolfo Ortíz, por el apoyo técnico en la conducción de los ensayos de campo y en la colecta de muestras de hojas de Chaya para análisis de Laboratorio. Inga. Claudia Arriaga, Inga. Andrea Furlán, Inga. Elsa Gudiel y Licda. Ana Luisa Montenegro, por el apoyo en la realización de análisis de composición química. Lic. Margarita Palmieri, por la revisión de la sección de caracterización molecular. Lic. Enio Cano, por la identificación de algunas especies de mariposas. Ing. Agr. Luis Daniel Cruz, por el apoyo durante la colección de germoplasma y el establecimiento de la colección viva de los cultivares de Chaya. Sra. Rosario Santizo, por el apoyo secretarial y administrativo durante la ejecución del proyecto. Los estudiantes del Instituto Tecnológico, ITEC, de UVG – Sur, por el apoyo en la colección de biomasa durante algunas épocas de corte. La Finca 'Monte Alto' por el apoyo incondicional con el sitio experimental. US AID por el apoyo financiero del proyecto bajo el Programa CDR, Grant No. TA – MOU – 04 – C22 – 023.

## BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis (S. Williams, Ed.) 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Breckon, G.J. 1975. *Cnidoscolus*, section *Calyptosolen* (Euphorbiaceae) in Mexico and Central America. Ph.D. Tesis. University of California – Davis.
- Bressani, R. 1983. World Needs for Improved Nutrition and the Role of Vegetables and Legumes. In 10<sup>th</sup> Anniversary Monograph Series. Asian Vegetable Research and Development Center. Taiwan.
- Centro Nacional Guatemalteco de Investigación en Caña de Azúcar, CENGICAÑA. 2008. Registro de Datos Climatológicos. <http://www.cengicana.org/portal>.
- Centro Nacional Guatemalteco de Investigación en Caña de Azúcar, CENGICAÑA. 1996. Estudio Semidetallado de Suelos de la Zona Cañera del Sur de Guatemala. Guatemala.
- Cifuentes, R. y A. Molina-Cruz. 2000. Impacto de Varios Factores Agronómicos sobre la Reproducción, Producción de Biomasa y Composición Química de Hojas y Cogollos de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). Proyecto FODECYT No. 69-98. SENACYT-CONCYT. Guatemala. 66 p.
- De Landa, D. 1982. Relación de las Cosas de Yucatán. 9<sup>o</sup>. ed. Editorial Porrúa, S.A. México. p. 128.
- Donkoh, A., C.C. Atuahene, Y.B. Poku-Premhe and I.G. Twum. 1999. The Nutritive Value of Chaya Leaf Meal (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill) Johnston). Studies with Broiler Chickens. Anim. Feed. Sci. Technol. 77:163-172
- INCAP-ICNND. 1961. Tabla de Composición de Alimentos para América Latina. Instituto Nacional de Centroamérica y Panamá (INCAP). Guatemala.
- Lentner, M. and T. Bishop. 1986. Experimental Design and Analysis. Valley Book Company. Blacksburg, VA. 565 p.
- Lienev, I.E. 1989. Antinutritional Factors. En: R.H. Matthews. Legumes. Chemistry Technology and Human Nutrition. Dekker 1989. p. 339-382.
- López, E. 2008. Diseño y Análisis de Experimentos: Fundamentos y Aplicaciones en Agronomía. FAUSAC. 170 p.
- Martin, F.W. y R. Ruberté. 1978. Vegetables for the Hot Humid Tropics – Part 3. Chaya, *Cnidoscolus chayamansa*. U.S. Department of Agriculture, New Orleans.
- Martin, F.W., L. Telek and R. Ruberté. 1977. Some Tropical Leaves as Feasible Sources of Dietary Protein. J. Agr. Univ. P.R. 61:32-40
- McVaugh, R. 1944. The Genus *Cnidoscolus*: Generic Limits and Intrageneric Groups. Bul. Torrey Bot. Club. 71:457-474.
- Michigan State University. 1988. MSTATC / Crop and Soil Sciences. Users Guide: Statistics, East Lansing, Michigan.
- Molina-Cruz, A. y R. Cifuentes. 2001. Evaluación de Cuatro Selecciones de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; Euphorbiaceae) y Dos Niveles de Defoliación en Cuatro Regiones de Guatemala, y Aceptabilidad de sus Hojas y Cogollos en Humanos. Proyecto FODECYT No. 45-99. Reporte Final. SENACYT-CONCYT. Guatemala. 42 p.
- Molina-Cruz, A., L.M. Curley y R. Bressani. 1997a. Redescubriendo el Valor Nutritivo de las Hojas de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*; Euphorbiaceae). Ciencia en Acción. No. 3. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Molina-Cruz, A., M. Solórzano y R. Bressani. 1997b. Hojas de Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*): II. Efecto de Cocción y Almacenamiento en la Vitamina C y los Glucósidos Cianogénicos. II Simposio Latinoamericano de Ciencia de Alimentos. Campinas, Brazil. p. 60.
- National Academy of Science. 1975. Underexploited Tropical Plants with Economic Value. Chap. III. Vegetables. Chaya. National Academy Press, Washington, D.C. p. 45 - 48.
- Peregrine, W.T.H. 1983. Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*): A Potential New Vegetable Crop for Brunei. Tropical Pest Management 29:39-41.
- Stephens, J.M. 2003. Chaya – *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh. Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS), University of Florida.



(de izquierda a derecha)

**Rolando Cifuentes**  
rcifuen@uvg.edu.gt

**Elfriede Pöll**  
epoell@uvg.edu.gt

**Ricardo Bressani**  
bressani@uvg.edu.gt

## VIÑETA:

## LA CHAYA: ALIMENTO Y MEDICINA

De las variedades de la Chaya, la variedad más cultivada y usada como alimento es el cultivar "Estrella". A continuación se presentan algunas recetas recopiladas de las entrevistas realizadas durante la caracterización Etnobotánica de la Chaya.

- ▶ **Sopa de Chaya**  
Se cocen las hojas tiernas y los retoños en caldo de res, de pollo o de "jute" (caracoles pequeños que se encuentran en ríos o lagos). Se condimenta con consomé.
- ▶ **Recado de Chatate**  
Se cocen las hojas, se pican y se fríen en aceite junto con tomate y cebolla picada.
- ▶ **Verdura de Chaya**  
Se cocen las hojas tiernas y se sacan del agua; se agrega sal y limón. Se come con tortillas y chile.
- ▶ **Chaya con huevo**  
Se cocen las hojas tiernas, se sacan del agua, se pican y luego se agregan huevos revueltos.
- ▶ **Chaya con "Pinol"**  
Se prepara el pinol: se debe tostar el maíz, se muele, se agrega pimienta gorda molida, agua y un poco de achiote, y/o tomillo. Se cocen las hojas, se sacan del agua, se pican y se agrega el pinol y la crema.
- ▶ **Chaya o Chatate en arroz o frijol**  
Las hojas cocidas y picadas se agregan al arroz precocido o a los frijoles.
- ▶ **Tamalitos de Chaya**  
Se cocen las hojas de chaya y se pican finamente y se agregan al recado. Se prepara el recado (tomate y cebolla picados y fritos con carne de pollo picado o carne molida), La masa se envuelve en hoja de plátano u hojas de mashan y luego se cocen a vapor.
- ▶ **Té de Chaya (Refresco y medicinal)**  
Se cocen las hojas por poco más de 1 minuto, se sacan y el té es un refresco muy agradable y sano. Nota: Se toman 3 tazas por día para bajar la glucosa en la sangre. Ayuda también a bajar la presión y mejora la vista.
- ▶ **Boyas de Chaya**  
Se cocen las hojas, se pican y se agregan a la masa de maíz, se envuelven en hojas de maíz (tuza) y se cocen.