

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Alimentos y Nutrición

CARACTERIZACION QUIMICA Y NUTRICIONAL DE
HOJAS DE CHAYA (*Cnidocolus* spp.) PRESENTES EN
GUATEMALA

LUISA MARIA CURLEY WOHLERS



Guatemala

1996



CARACTERIZACION QUIMICA Y NUTRICIONAL DE
HOJAS DE CHAYA (*Cnidocolus* spp.) PRESENTES EN
GUATEMALA



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Alimentos y Nutrición

CARACTERIZACION QUIMICA Y NUTRICIONAL DE
HOJAS DE CHAYA (*Cnidocolus* spp.) PRESENTES EN
GUATEMALA

LUISA MARIA CURLEY WOHLERS

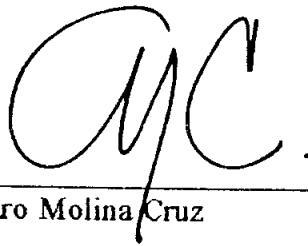
Trabajo de investigación presentado para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería y
Ciencia de Alimentos

Guatemala

1996



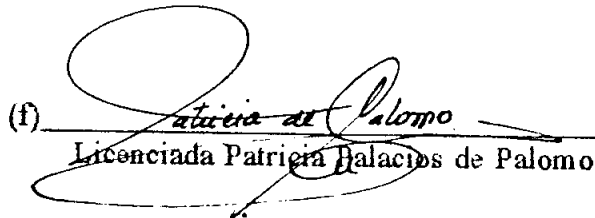
Vo. Bo. :



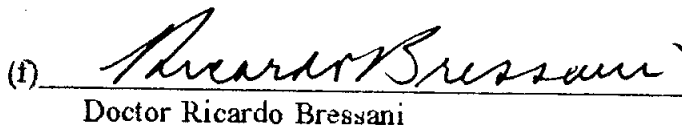
(f)

Doctor Alvaro Molina Cruz
Asesor

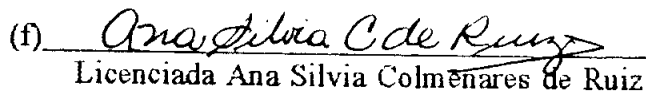
Tribunal:



(f) *Patricia de Palomo*
Licenciada Patricia Palacios de Palomo



(f) *Ricardo Bressani*
Doctor Ricardo Bressani



(f) *Ana Silvia C de Ruiz*
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 1 de julio de 1996



El presente trabajo se llevó a cabo, en parte, gracias al financiamiento proporcionado por el Programa de Investigaciones de la Cultura Maya.

Se agradece a las personas que colaboraron con información sobre localización de chaya, en especial a:

Doctora Ursula Fischer
Doctor César Azurdía
Ingeniero Rolando López

Se reconoce la colaboración para la clasificación botánica de las distintas variedades de chaya, a las siguientes personas:

Doctora Elfriede Poll
Licenciada AnaLú Escobar de MacVean
Doctora Tracy Parker

Por último, el sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en esta investigación y muy especialmente al Doctor Ricardo Bressani por sus ideas y al Doctor Alvaro Molina por toda su ayuda, tiempo y dedicación a este trabajo.

RESUMEN

Se estudió el valor nutritivo de las hojas de distintas variedades de chaya. Se evaluaron cambios que ocurren en sus nutrientes y antinutrientes durante la cocción y se determinó su aceptabilidad, comparada con otras hojas comestibles comunes. La chaya es una planta de la familia Euphorbiaceae originaria de lo que fue Mesoamérica y ha formado parte de la dieta humana desde tiempos precolombinos, ya que sus hojas cocinadas son comestibles. La composición química de sus hojas sugiere un alto potencial nutritivo, especialmente como fuente de β -caroteno (provitamina A), vitamina C y proteína, por lo que podría contribuir a disminuir las deficiencias de estos nutrientes en la dieta. De una colecta a nivel nacional se analizaron 4 variedades de chaya, morfológicamente distintas. En hojas frescas se encontraron niveles de humedad relativamente bajos (75-85%) para hojas comestibles. La proteína varió entre 5.5 y 9.0% para hojas frescas, confirmando su alto contenido proteínico, el cual no disminuyó al cocinarlas por 15 minutos en agua hirviendo. El contenido de cenizas varió de 1.5 a 2.6%, el de lípidos de 1.4 a 2.3%, el de carbohidratos de 6.6 a 12.6% y el de fibra de 1.9 a 2.7%. Durante la cocción de las hojas, disminuyeron los niveles de cenizas y carbohidratos, pero los de lípidos y fibra parecen permanecer iguales. El contenido de vitamina C varió más (2.62-7.12 mg Vit.C/g hoja fresca), pero es alto comparado con otras plantas. Las hojas secas retuvieron 34% de la vitamina C. Hojas frescas cocinadas por 15 minutos en 100 ml de agua retuvieron entre 16 y 37% de la vitamina C. Se

encontró que la retención de vitamina C en la hoja aumenta al disminuir el volumen de agua de cocción. El análisis de carotenos por HPLC detectó sólo β -caroteno (10.8 mg/100 g hoja fresca), el cual no disminuyó con la cocción de 15 ó 30 minutos en agua hirviendo. Se determinó que los glucósidos cianogénicos (factor antinutricional) de las hojas son eliminados casi por completo luego de 15 minutos de cocción en agua hirviendo, tiempo que coincide con las prácticas populares de cocción. Las hojas crudas presentan entre 0.44 y 0.53 mg HCN/g peso seco. En una prueba de evaluación sensorial, las hojas de chaya fueron igual de aceptadas que espinaca y acelga. Las hojas de chaya cocinadas en agua hirviendo pueden ser una buena fuente de β -caroteno, proteína y vitamina C.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LA LITERATURA	3
A. Descripción botánica de la chaya	3
B. Distribución geográfica	7
C. Cultivo	8
D. Usos	10
E. Contenido de nutrientes de la hoja	10
1. Factores antinutricionales	11
F. Formas de preparar la hoja para comerla	13
G. Posible contribución de la chaya al mejoramiento del estado nutricional en Mesoamérica	14
III. OBJETIVOS E HIPOTESIS	17
IV. MATERIALES Y METODOS	19
A. Materiales	19
1. Hojas de chaya	19
2. Reactivos, cristalería y equipo de laboratorio	22
B. Metodología	24
1. Preparación de las hojas	24
2. Componentes químicos evaluados	25

	Página
3. Eliminación de glucósidos cianogénicos durante la cocción	26
4. Análisis sensorial de hojas de chaya	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. BIBLIOGRAFIA	49
APENDICES	
A. Procedimiento de análisis de carotenoides por cromatografía líquida	53
B. Análisis sensorial	55

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
2.1 Contenido de nutrientes de algunas verduras con hojas comestibles	7
2.2 Contenido de carotenos en las hojas de chaya	11
5.1 Resumen de resultados de composición proximal de hojas de chaya frescas	27
5.2 Composición proximal de muestras frescas de hojas de chaya	28
5.3 Efecto de la cocción por 15 minutos en agua hirviendo en la composición proximal de hojas de chaya de la aldea El Cernal, Santa Rosa	29
5.4 Composición proximal de muestras de hojas de chaya en peso seco	31
5.5 Análisis de carotenoides por HPLC en hojas de chaya de Cernal en peso fresco	33
5.6 Vitamina C de muestras de hojas de chaya crudas y cocinadas 15 minutos en agua hirviendo	34
5.7 Porcentaje de vitamina C retenido en hojas de chaya de Cernal cocinadas 15 minutos en diferentes volúmenes de agua	36
5.8 Vitamina C retenida en hojas de chaya de Cernal deshidratadas	37
5.9 Glucósidos cianogénicos en muestras de chaya cruda y cocinada 15 minutos en agua hirviendo	37
5.10 Glucósidos cianogénicos de hojas de chaya de Retalhuleu a diferentes tiempos de cocción	39

	Página
5.11 Glucósidos cianogénicos en hojas de chaya con distintos tratamientos	41
5.12 Resultados del análisis de evaluación sensorial de hojas de chaya comparadas con espinaca y acelga	42

LISTA DE FIGURAS Y GRAFICAS

Figura	Página
2.1 <i>Cnidoscolus aconitifolius</i> sp. <i>aconitifolius</i>	4
2.2 <i>Cnidoscolus aconitifolius</i> sp. <i>aconitifolius</i>	4
2.3 <i>Cnidoscolus aconitifolius</i> sp. <i>aconitifolius</i> cv.'inermis'	5
2.4 <i>Cnidoscolus aconitifolius</i> sp. <i>aconitifolius</i> cv.'inermis'	5
2.5 Descomposición de linamarina por enzimas de la planta	12
Gráfica	
5.1 Glucósidos cianogénicos de hojas de chaya de Retalhuleu a diferentes tiempos de cocción	40

I. INTRODUCCION

Uno de los problemas de salud de mayor importancia en lo que fue Mesoamérica es la desnutrición. Las principales deficiencias en las dietas de esta región son de proteína, energía, vitamina A, yodo y hierro. En muchos casos estas enfermedades nutricionales se deben a la pobreza e ignorancia de la gente.

Para ayudar a disminuir deficiencias nutricionales es necesario desarrollar programas de educación nutricional tomando en cuenta alimentos locales, antes que alimentos ajenos a la región. Se necesita información del valor nutricional, no sólo de alimentos comunes en la dieta sino de otros que tienen alto valor nutritivo y están subutilizados, como las hojas de chaya.

La chaya (*Cnidoscolus* spp.) es una planta de la familia Euphorbiaceae cuyas hojas son comestibles. Estas presentan un alto potencial nutritivo principalmente por su contenido de proteínas, carotenos y vitamina C, aunque contiene también glucósidos cianogénicos, los cuales son tóxicos al hidrolizarse, pero se eliminan fácilmente durante la cocción de las hojas. Esta planta es autóctona de lo que fue la región mesoamericana, se ha llevado a otros lugares como Cuba, Puerto Rico y Florida y necesita poco cuidado para su cultivo. Además de ser comestible, la chaya puede usarse como planta ornamental o como cerca en los terrenos.

El objetivo de este trabajo fue obtener más información sobre las características químico-nutricionales de las distintas variedades de chaya presentes en Guatemala y de sus cambios durante el procesamiento para consumirla.

II. REVISION DE LA LITERATURA

A. Descripción botánica de la chaya.

Según el documento Flora de Guatemala (Standley and Steyermark, 1949) la chaya pertenece a las especies *Cnidoscolus aconitifolius* y *C. chayamansa*. La especie *aconitifolius* es un arbusto o árbol pequeño, generalmente de 3 a 5 metros de altura, con un tronco grueso y de color pálido, pecíolos de 10 a 20 cm de largo y algunas veces más cortos, generalmente glabrosos, es decir, desprovistos de pelo. Las hojas son de forma muy variada, profundamente lobadas, lo que significa divididas en porciones no demasiado profundas y más o menos redondeadas; bastante gruesas y carnosas cuando están frescas (Figura 2.1). Las flores son blancas, de sépalos glabrosos o diminutamente puberulentos, o sea, con pelitos muy finos, cortos y escasos, blancos o verdosos, (Standley and Steyermark, 1949).

En algunas variedades, toda la planta está provista de pelos urticantes, es decir, producen una sensación punzante. Se encuentra en el sur de México, Belice, Guatemala y Costa Rica. Las plantas de cultivos casi no tienen pelos urticantes. En lo que fue Mesoamérica, la mayoría de plantas son vistas como cultivos en jardines o como arbustos de cercas. Las hojas jóvenes y tiernas se cocinan y comen como la espinaca y otras hierbas. Su uso está poco difundido, no se considera una verdura común. (Standley and Steyermark, 1949).

Figura 2.1

Cnidoscolus aconitifolius sp. *aconitifolius*

4

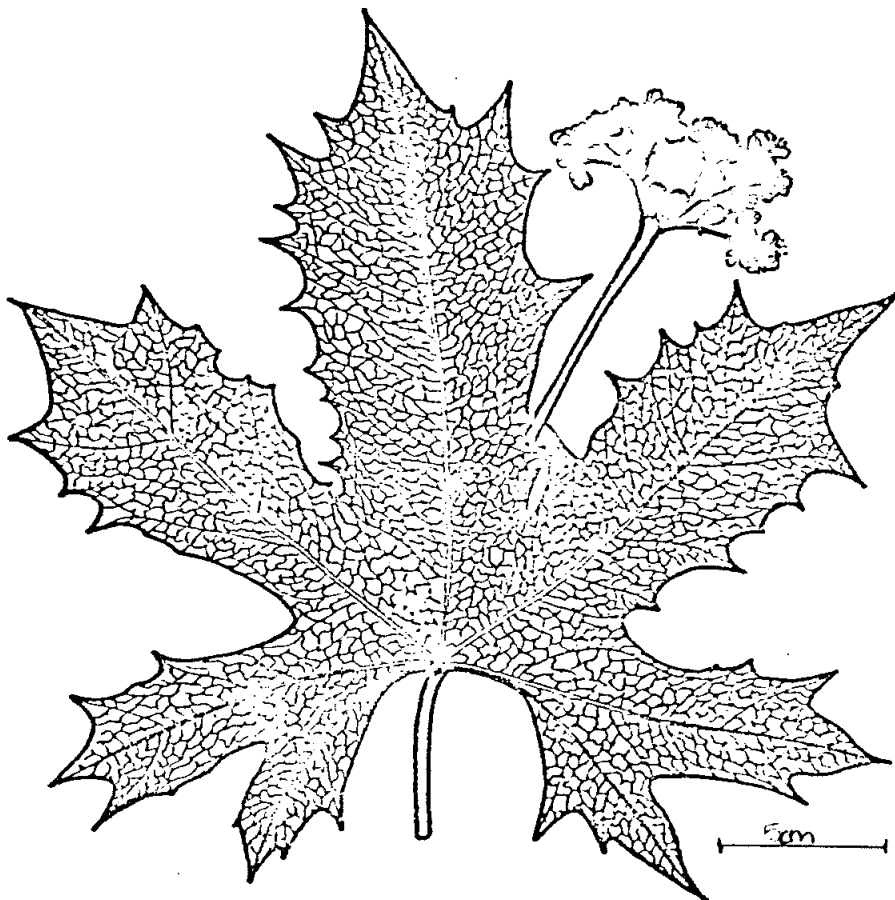


Figura 2.2

Cnidoscolus aconitifolius sp. *aconitifolius*

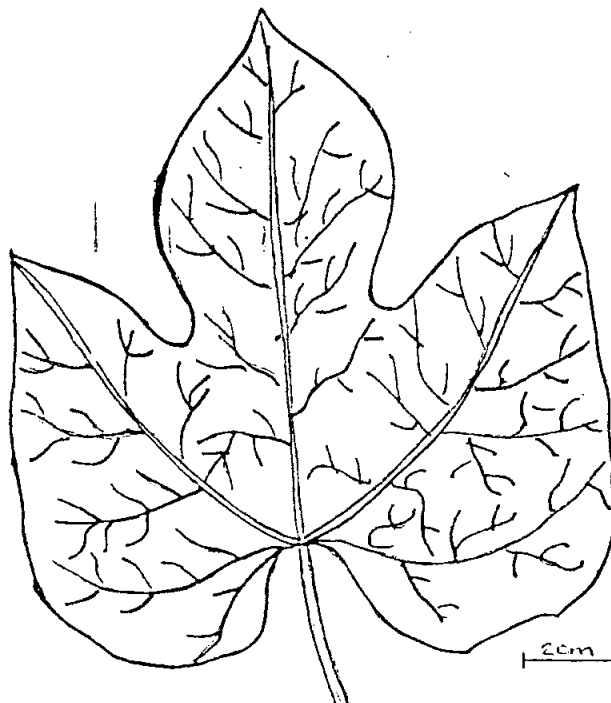


Figura 2.3

Cnidoscolus acontifolius sp. *acontifolius*
cv. 'Inermis'

5

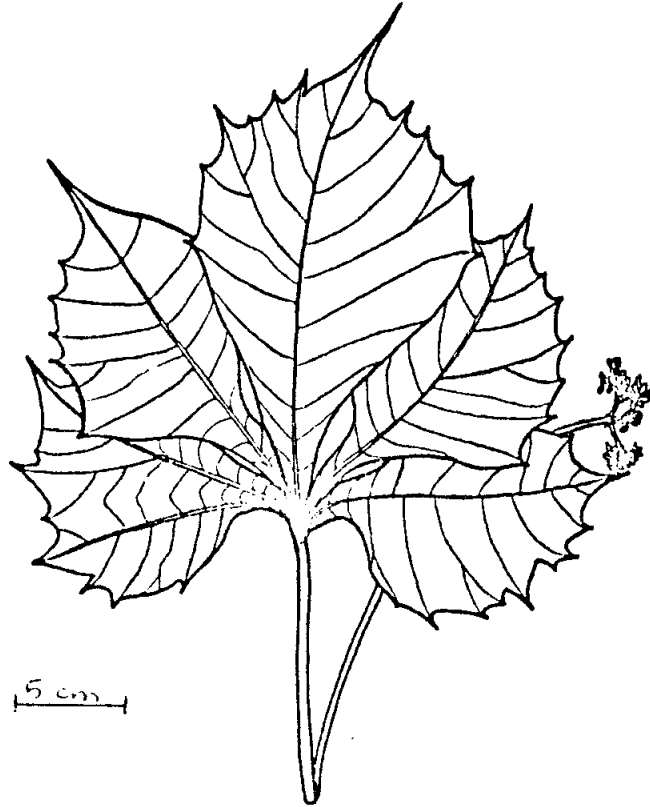
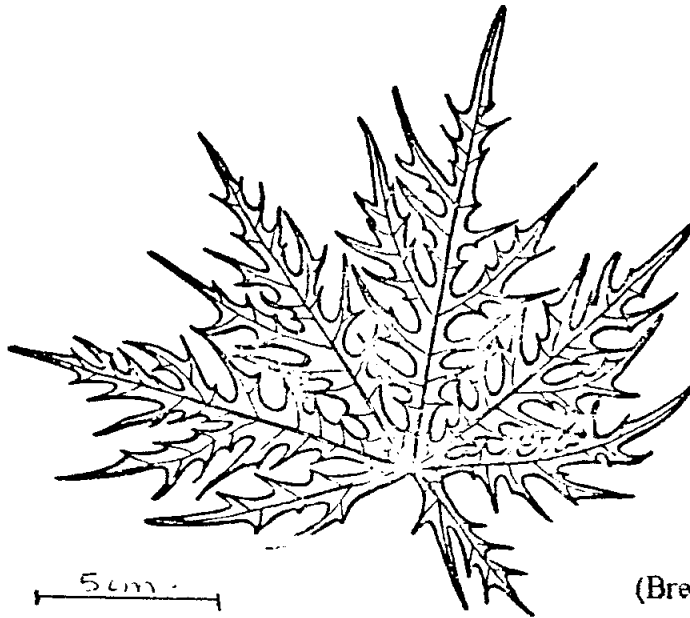


Figura 2.4

Cnidoscolus acontifolius sp. *acontifolius*



(Breckon, 1975)

La especie *chayamansa* del mismo género es un arbusto de 3 metros de altura con savia lechosa, las ramas son de un centímetro de grueso en el extremo. Se ramifica libremente y las ramas nuevas tienden a ascender. El tallo central tiene aproximadamente 10 cm de diámetro o más en las plantas mayores. Las ramas de los lados son de aproximadamente 2 a 3 cm de diámetro. La corteza del tallo es suave, verde cuando es joven y grisásea cuando envejece. La madera es suave, fácilmente rompible y susceptible a pudrirse y no tiene o tiene muy pocos pelos urticantes (Martin and Ruberté, 1978). Las hojas de esta especie se comen igual que las de *C. aconitifolius*. Estas son más anchas que largas, de 10 a 16 cm de ancho y de 4 a 8 cm de largo y orillas dentadas, verdes en la parte superior y brillantes en la parte de abajo (Morton, 1981). Las hojas no son planas y los lóbulos tienden a traslaparse cuando se presionan para aplanarlas (Figura 2.3) (Martin and Ruberté, 1978). Se ha encontrado que tienen cantidades considerables de vitamina C (ver Tabla 2.1). Las flores son tubulares, de 10 mm de largo, blancas y de olor desagradable. Se encuentra aproximadamente a 250 metros sobre el nivel del mar en Retalhuleu (Guatemala), Yucatán, Belice, Cuba y Florida (Standley and Steyermark, 1949).

Se han reportado por lo menos cinco diferentes variedades de chaya en Yucatán, tres de la que llaman mansa y dos silvestres. Una de las primeras es preferida porque tiene menos espinas y es más fácil de cocinar (Díaz-Bolio, 1974). En estudios más recientes (Breckon, 1975) se describe a la especie comestible del género *Cnidoscolus*, la chaya, como *Cnidoscolus aconitifolius* y todas las chayas parecen pertenecer a la subespecie *aconitifolius*. Esta subespecie se caracteriza por una gran diversidad de formas de hojas

en distintas variedades. (ver Figura 2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Otros nombres con los que se conoce la chaya son chayo, copapayo, chaidra, chaira, papayillo, chatate, roctish, chay y tziminchay. En este trabajo se le llamará chaya a cualquiera de las especies y variedades comestibles.

Tabla 2.1

**CONTENIDO DE NUTRIENTES DE ALGUNAS VERDURAS CON HOJAS
COMESTIBLES (100 g) (Base húmeda)**

	Espina- ca	Chaya	Lechu- ga	Bledo	Chipi- lín	Hierba mora	Yu- ca
Agua (%)	89.8	79.8	96	86	82	85	77.2
Proteína (g)	2.8	6.2	1.0	3.7	7.0	5.0	6.8
Grasa (g)	0.7	1.3	0.1	0.8	0.8	0.8	1.4
Carbohidratos (g)	4.9	10.7	3.0	7.4	9	7	12.8
Fibra cruda (g)	0.7	2.0	0.5	1.5	2.0	1.4	2.4
Ceniza (g)	1.8	2.0	0.4	2.1	1.5	1.8	1.8
Calcio (mg)	1/60	234	16	313	287	199	206
Fósforo (mg)	30	76	23	74	72	60	86
Hierro (mg)	3.2	2.8	0.4	5.6	4.7	9.9	2.0
Vitamina A (mg)	1.2	2.4	—	1.6	3.0	0.2	.030
Tiamina (mg)	0.06	0.20	0.05	0.05	0.33	0.18	0.12
Riboflavina (mg)	0.17	0.40	0.03	0.24	0.49	0.35	0.27
Niacina (mg)	0.6	1.6	0.3	1.2	2.0	1.0	1.7
Ac. ascórbico (mg)	46	194	7	65	100	61	290
Valor energético	30	64	13	42	56	45	80

(Wu-Leung y Flores, 1961)

Nota: La cantidad de fibra está incluida en el porcentaje de carbohidratos totales. Por esa razón, para obtener el 100% debe omitirse el dato de fibra cruda en la suma.

B. Distribución geográfica

La chaya pertenece a las regiones secas de los trópicos, sin embargo, se adapta bien a climas húmedos y calientes; es originaria de la península de Yucatán en México y se ha llevado a otras regiones de México y América Central. La chaya se introdujo a

Cuba, donde llegó a conocerse como una verdura comestible; de Cuba se introdujo a la Florida. Aparentemente, la primera introducción a Puerto Rico fue por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)(Martin and Ruberté, 1978). También se ha reportado cultivo de chayá en Africa (Donkoh, et al., 1990).

C. Cultivo

La chayá puede sembrarse en cualquier época del año, pero es más fácil que se propague al principio de la época lluviosa cuando los días se alargan. La producción de semillas es rara, por lo tanto se usan cortes de tallos maduros o de edad intermedia. A los cortes gruesos de 5 cm o más les sale lentamente raíz. Las puntas tiernas y suaves son susceptibles a marchitarse y podrirse. Si se deja en lugar húmedo, con luz y ventilado, casi cualquier corte de chayá producirá raíces. Los cortes pueden variar de 10 cm a un metro o más de largo; pueden sembrarse directamente en la tierra donde se espera que crezcan. La tierra debe estar bien drenada y no muy húmeda al principio. Una vez la chayá ya esté establecida, puede resistir lluvia considerable y tolerar drenaje imperfecto (Martin and Ruberté, 1978); se ha visto crecer en arena y arcillas, y tolera muchos otros tipos de tierra (National Academy of Sciences, 1975).

Al ser sembrada, el nuevo crecimiento y los retoños ocurren después de dos a seis semanas. La planta inicial es saludable, pero el crecimiento es lento. Generalmente el crecimiento rápido empieza a los cuatro meses después de sembrada. Después del primer año de crecimiento, las plantas pueden ser podadas considerablemente y responderán con

rápido crecimiento. Durante sequías severas el crecimiento puede parar y puede que se caigan algunas hojas, pero las hojas se recuperan cuando la lluvia vuelve (Martin and Ruberté, 1978).

Mientras está joven, la chaya debe protegerse de maleza. Se ha descubierto que el estiércol es muy útil y permite el crecimiento máximo con la mínima atención. Las plantas con ramas muy largas deben ser protegidas de enredaderas que pueden romper las ramas por el peso y destruir el follaje por la sombra. Hasta ahora, la chaya parece estar libre de pestes y enfermedades que son plagas para las verduras en climas tropicales. Las orugas pueden destruir su follaje, pero la planta puede recobrarlo rápidamente. Las plantas jóvenes tienden a ser más susceptibles a las orugas que las mayores (Martin and Ruberté, 1978).

No se conocen los efectos de los fertilizantes en la chaya, aunque se espera que, así como el estiércol, los fertilizantes minerales permitan el crecimiento más rápido y aumenten los rendimientos. Se han obtenido crecimientos satisfactorios en los jardines y bajo condiciones adversas (Martin and Ruberté, 1978).

La cosecha de chaya debe empezar hasta que haya suficiente follaje para que puedan removerse hojas sin atrofiar la planta. Una cosecha de 60 a 80% de las hojas y ramas no es excesiva, y son necesarias sólo unas pocas semanas para que la cosecha pueda repetirse (Martin and Ruberté, 1978).

D. Usos

Las hojas de chaya se usan como verdura parecida a la espinaca, aunque no deben consumirse crudas. Son especialmente las hojas jóvenes y alrededor de 20 cm del tallo las que se cosechan. Estas hojas se usan también como alimento para animales. Algunas veces se siembra como planta ornamental y se usa mucho como cerca viviente. Se ha usado también como planta curativa (Martin and Ruberté, 1978). En Yucatán se ha utilizado como complemento alimenticio, en el tratamiento de arterioesclerosis, para estimular la función del hígado, para mejorar la circulación y la digestión y para combatir la pelagra y disminuir hemorroides, entre otras. Al incluirla en la dieta han disminuído deficiencias de aminoácidos y vitaminas (Díaz-Bolio, 1974). En Guatemala también se ha reportado el uso de chaya como depurador de sangre (Orellana, 1978) y como colagoga, es decir, sustancia que provoca la evacuación de bilis (Mellen, 1974).

E. Contenido de nutrientes de la hoja

La hoja de la chaya parece una buena fuente de proteína, carotenos (provitamina A), vitaminas del complejo B, ácido ascórbico, calcio y hierro. Parece una hoja magnífica por sus propiedades nutricionales comparada con otras hojas comestibles como la espinaca y la yuca (ver Tabla 2.1) (Martin and Ruberté, 1978), aunque no se conoce cuál es la biodisponibilidad de sus nutrientes.

La determinación del contenido total de caroteno en las hojas de chaya ha sido hecha (Booth, et al., 1992) por dos métodos (AOAC y HPLC) y los resultados son los que se

presentan en la Tabla 2.2. Aunque el método de AOAC cuantifica el total de carotenos, el HPLC confirmó que en estas muestras, los carotenos diferentes al beta-caroteno son insignificantes (Booth, et al., 1992). En la Tabla 2.1 pueden observarse los niveles de vitamina A comparados con los de otras verduras similares.

Tabla 2.2
CONTENIDO DE CAROTENOS EN LAS HOJAS DE CHAYA
(Método AOAC y HPLC)

	AOAC	HPLC (mg / 100 g de peso fresco)
Hojas crudas	2.7	4.9
Hojas cocinadas	4.9	9.1

(Booth, et al., 1992)

1. Factores antinutricionales. En la hoja de chaya se ha encontrado algunos componentes tóxicos y antinutricionales. Entre estos están los glucósidos cianogénicos, sustancias que al tratarlas con calor, ácido o enzimas hidrolíticas producen cianuro de hidrógeno (HCN). La toxicidad de estos compuestos se debe a la producción de HCN, el cual inhibe la acción de la enzima citocromo oxidasa, que es el catalizador respiratorio terminal de organismos aeróbicos (Conn, 1973).

Para entender mejor el envenenamiento con glucósidos cianogénicos debe conocerse la forma en que estas sustancias liberan el HCN. En la Figura 2.6 se ilustra para linamarina, glucósido presente en yuca, la acción de 2 enzimas generalmente presentes

bociogénico (Conn, 1973). Además de los glucósidos cianogénicos, se ha reportado que la chaya tiene también alcaloides y taninos (Barrera, et al., 1981).

F. Formas de preparar la hoja para comerla

Las hojas de la chaya deben ser cocinadas antes de ingerirlas debido a que las hojas frescas contienen glucósidos cianogénicos, sustancias tóxicas que se eliminan durante la cocción. Para la preparación se cortan las hojas grandes y los tallos a pedazos manejables antes de cocinarse. Las hojas se sumergen en agua y se cocinan a fuego lento por aproximadamente 20 minutos; el agua se descarta y luego pueden servirse con un poco de aceite o mantequilla. La chaya tiene un fuerte sabor comparada con otras hojas comestibles de los trópicos, aunque es más suave que el de la espinaca. Algunas veces se hace una sopa de hojas de chaya hirviéndolas en agua y agregando las hojas a un poco de caldo de pollo. Las hojas pueden también mezclarse con soya y otros ingredientes como carnes y verduras. Al mezclarla con huevo y cebolla hace una deliciosa tortilla (Martin and Ruberté, 1978).

En Yucatán, uno de los platos típicos es el tamal llamado tzotobilchay, el cual se prepara con masa de maíz, chaya y pepita de calabaza molida; algunas veces también se le agrega huevo. Otra forma de prepararla es como atole con soya y miel o frita con huevo (Díaz-Bolio, 1974).

G. Posible contribución de la chaya al mejoramiento del estado nutricional en

Mesoamérica

Algunos alimentos autóctonos han sido reemplazados por productos extranjeros que se han introducido. Existen algunas especies vegetales que, en otros momentos o bajo otras condiciones jugaron un papel fundamental en la agricultura y en la alimentación de los pueblos indígenas y comunidades locales (Hernández y León, 1992). Una de estas especies parece ser la chaya, la que se menciona como uno de los principales alimentos de los jefes mayas junto con pavo, venado, maíz y frijoles. También se utilizaban las hojas de chaya como relleno de tamales y para envolver tamales (Coe, 1994). La chaya también aparece mencionada como alimento común en "Relación de las cosas de Yucatán", de Diego de Landa (*circa* 1560).

Las dietas en lo que fue Mesoamérica se han catalogado como deficientes en varios nutrientes que incluyen proteína, vitamina A y hierro. Se han implementado programas de fortificación de azúcar con vitamina A, pero la inestabilidad política y económica de los países afecta el desempeño de los programas. Una opción para resolver el problema de la deficiencia de vitamina A, incluye el cultivo y consumo de verduras ricas en provitamina A, (Booth, et al., 1993) y una de estas verduras podría ser la chaya. Promover el consumo de hojas de chaya podría aumentar la ingesta de provitamina A y la absorción de hierro, así como de otros minerales y vitaminas, en poblaciones que de otra manera no podrían obtener alimentos ricos en estos nutrientes (Booth, et al., 1993). La absorción de hierro podría mejorar debido a los altos niveles de vitamina C que

presentan las hojas de chaya.

Por otro lado, los concentrados de proteína de hojas están atrayendo la atención mundial como un alimento que suplementa dietas deficientes en calidad y cantidad de proteínas. Las hojas de zonas tropicales permanecen como una fuente valiosa de proteína sin ser ampliamente explotada (Nagy, et al., 1978). Las hojas de chaya presentan altos niveles de proteína, aunque no se sabe cuál es su calidad nutritiva. En pollos se estudió la biodisponibilidad de algunos aminoácidos de chaya y se determinó que ésta es, en general, moderadamente alta con la excepción de aminoácidos azufrados (Donkoh, et al., 1990). Aún no se ha estudiado la biodisponibilidad de otros nutrientes de chaya.

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

A. Objetivo general

Estudiar características químicas y nutricionales importantes de la hoja de chaya.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la composición química proximal (humedad, proteína, lípidos, ceniza, fibra, carbohidratos) de hojas de chaya (*Cnidoscolus* spp.) de distintas variedades presentes en Guatemala.
2. Determinar el efecto de distintos procesamientos de las hojas de chaya sobre su contenido de carotenoides y vitamina C.
3. Determinar el efecto de distintos procesamientos de hojas de chaya sobre su contenido de glucósidos cianogénicos y determinar el tiempo de cocción mínimo en agua hirviendo para eliminar la mayor parte de los glucósidos cianogénicos.
4. Determinar la aceptabilidad de chaya comparada con otras hojas comestibles comunes.

C. Hipótesis

1. Existe una variación en contenido nutricional entre las diferentes variedades de chaya.

2. La deshidratación y la cocción de hojas de chaya en agua hirviendo disminuye su contenido de vitamina C y de carotenoides.
3. La cocción en agua hirviendo, la deshidratación o la maceración de hojas de chaya logran eliminar sus glucósidos cianogénicos.
4. La chaya tiene la misma aceptabilidad sensorial que otras verduras similares.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. Materiales

1. Hojas de chaya. Para el análisis químico se utilizaron hojas de chaya de tamaño promedio (aprox. 16 cm de largo y 20 cm de ancho). Las muestras provenían de colectas de diferentes partes del país sembradas en la Universidad Del Valle de Guatemala (1524msnm) durante 1994 y 1995 o de colectas de campo. El análisis químico se hizo con 6 muestras de chaya, 4 de las cuales son morfológicamente distintas.

Las muestras utilizadas fueron:

- **Chaya de El Cernal**: colectada en la aldea de El Cernal, Santa Rosa (km 48 carretera Interamericana, 1010msnm). Se tomaron muestras de un cerco y se sembraron en los campos experimentales de la Universidad Del Valle de Guatemala (UVG). Los análisis de composición proximal se hicieron con muestras colectadas en El Cernal y los demás análisis se hicieron con muestras de las estacas sembradas en la UVG. Al estudiar el texto Flora de Guatemala (1949), esta planta fue clasificada taxonómicamente como *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston. Siguiendo la guía de Breckon (1975) se clasificó como *Cnidoscolus aconitifolius* sp. *aconitifolius*. Esta variedad fue la única a la que se le determinó la composición proximal con muestras crudas y cocinadas (ver Figura 2.1).

- **Chaya de San Miguel Chicaj**: colectada en el municipio de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz (10 km por la ruta nacional, 5 km al oeste de la cabecera departamental, Salamá, 940.12msnm). Se sembraron estacas de esta variedad en los campos

experimentales de la UVG y de allí se obtuvieron las muestras para todos los análisis. Siguiendo El texto Flora de Guatemala (1949), esta hoja fue clasificada taxonómicamente como *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston. Según la guía que hizo Breckon (1975), se clasificó como *Cnidoscolus aconitifolius* sp. *aconitifolius* (ver Figura 2.1). Esta variedad es morfológicamente similar a la chaya de El Cernal.

- **Chaya Jutiapa-p (picuda)**: colectada en el Instituto de Capacitación y Tecnología Agrícola (ICTA), en la aldea Río La Virgen, Jutiapa (km 118 carretera Interamericana, 895msnm). La composición proximal se hizo con muestras colectadas en Jutiapa y los demás análisis se hicieron con hojas de estacas sembradas en los campos experimentales de la UVG. Siguiendo la guía de Breckon (1975), esta parece ser *Cnidoscolus aconitifolius* sp. *aconitifolius* (ver Figura 2.4).

- **Chaya Jutiapa-r (redonda)**: colectada en el Instituto de Capacitación y Tecnología Agrícola (ICTA) en la aldea Río La Virgen, Jutiapa (km 118 carretera Interamericana, 895msnm). La composición proximal se hizo con muestras colectadas en Jutiapa y los demás análisis se hicieron con hojas de estacas sembradas en los campos experimentales de la UVG. Al estudiar la guía de Breckon (1975), esta se clasificó como *Cnidoscolus aconitifolius* sp. *aconitifolius*. Siguiendo la Flora de Guatemala (1949) se clasificó como *Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M. Johnston (ver Figura 2.2).

- **Chaya de Retalhuleu**: colectada en San Martín Zapotitlán, Retalhuleu (por la ruta nacional 9-S o 6-W rumbo sur-suroeste, 5 km al entronque con la carretera Internacional del Pacífico CA-2, que al suroeste tiene unos 5 km a la cabecera departamental Retalhuleu, 524msnm). Se tomaron muestras del cerco de una casa

contigua al parque central y del patio de otra casa en las afueras del pueblo. Estas estacas se sembraron en el invernadero de la UVG. El análisis proximal se hizo con hojas de la colecta y los demás análisis con hojas del invernadero. Esta colecta fue clasificada, siguiendo la Flora de Guatemala (1949), como *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh. Siguiendo la guía de Breckon (1975), se clasificó como *Cnidoscolus aconitifolius* sp. *aconitifolius* cv. 'inermis' (ver Figura 2.3).

- **Chaya de Petén:** colectada en el municipio de San José, Petén, que está en la margen noroeste del lago Petén Itzá (130msnm). Fue sembrada en ICTA, Cuyuta, Escuintla (41msnm), y de acá se llevaron estacas a la UVG y se sembraron en el invernadero. El análisis proximal se hizo con hojas de la colecta y los demás análisis con hojas del invernadero. Esta variedad fue clasificada siguiendo la Flora de Guatemala (1949), como *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh. Siguiendo la guía de Breckon (1975), se clasificó como *Cnidoscolus aconitifolius* sp. *aconitifolius* cv. 'inermis' (ver Figura 2.3). Esta variedad es morfológicamente similar a la chaya de Retalhuleu.

Los nombres asignados a las distintas chayas no implican que estas variedades se encuentren sólo en esos lugares, sino que son nombres asignados por conveniencia. Por ejemplo, en Petén se ha encontrado también chaya de El Cerinal.

Para la eliminación de glucósidos durante la cocción se utilizaron hojas de chaya de Retalhuleu. Para estudiar los efectos del procesamiento en carotenoides y en vitamina C se utilizó chaya de El Cerinal.

2. Reactivos, cristalería y equipo de laboratorio

a. Cristalería y equipo básicos.

- pinzas para crisol
- hornilla eléctrica con agitador
- balanza analítica
- balanza gravimétrica digital
- pipetas 5 ml
- pipetas 1 ml
- pipeta volumétrica 10 ml
- pipeta volumétrica 5 ml
- papel encerado
- papel de aluminio
- bulbo para pipetas
- termómetro de vidrio -20 - 120°C
- beakers 600 ml
- beakers 250 ml
- beakers 100 ml
- erlenmeyers 250 ml
- erlenmeyers 125 ml
- erlenmeyers 50 ml
- agitador magnético
- espátulas para pesar
- probeta 100 ml
- probeta 25 ml
- probeta 10 ml
- soporte y anillos metálicos
- bureta 50 ml
- bureta 10 ml
- pizeta
- varillas de vidrio
- plancha de asbesto

b. Análisis de humedad

- horno de convección
- cajas de aluminio
- desecadora de vidrio

c. Análisis de proteína

- ácido sulfúrico concentrado
- ácido clorhídrico 0.1N

- hidróxido de sodio 0.1N
- catalizador Kjeldahl
- rojo de metilo
- balones Kjeldahl 80 ml
- digestor Kjeldahl
- destilador micro Kjeldahl marca Labconco

d. Análisis de lípidos

- éter dietílico anhidro
- cristalería de extracción de grasa
- sistema de reflujo para extracción de grasa marca Labconco modelo 35003
- horno de convección
- desecadora

e. Análisis de fibra

- ácido sulfúrico 1.25%
- hidróxido de sodio 1.25%
- célite
- quitazatos 500 ml
- digestor de fibra marca Labconco modelo 30001
- horno de convección
- mufla
- crisoles de fondo poroso 30 ml

f. Análisis de cenizas

- mufla
- crisol de porcelana

g. Análisis de vitamina C

- ácido ascórbico patrón
- ácido acético
- ácido metafosfórico
- bicarbonato de sodio
- sal de sodio 2,6 dicloroindofenol
- licuadora

h. Análisis de carotenos

- acetona grado reactivo 99.5%

- acetonitrilo grado analítico 99.9%
- agua grado HPLC (bidestilada, desionizada, filtrada)
- célite grado analítico
- éter de petróleo 99.9%
- metanol grado HPLC
- óxido de magnesio grado analítico
- Hyflo Super Cel
- Nitrógeno gas grado analítico 99.9%
- Sudán I patrón grado analítico
- sulfato de sodio anhidro
- tetrahidrofurano grado HPLC
- β -caroteno patrón
- tubos de ensayo de 20 ml
- kitazato 100 ml
- kitazato 500 ml
- ampollas de decantación 500 ml
- beakers plásticos 500 ml
- balones de fondo plano 250 ml con tapón esmerilado
- buretas 25 ml
- embudos buchner
- frascos de vidrio ambar de 5-10 ml
- frascos Mason para licuadora 500 ml
- columna Micropak SP C18-3 (4mm I.D. 0.25 mm O.D. 150 mm long.)
- cromatógrafo líquido
- rotavapor
- procesadora de alimentos de 2 velocidades Bati-Max de Cocina

i. Análisis de glucósidos cianogénicos

- hidróxido de sodio
- hidróxido de amonio
- yoduro de potasio
- nitrato de plata
- balones Kjeldahl 800 ml
- destilador macro Kjeldahl marca Labconco modelo 21260

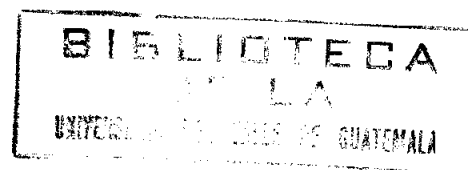
B. Metodología

1. Preparación de las hojas. Todos los análisis se realizaron en duplicado o en triplicado. Los análisis que requerían hojas frescas se hicieron con hojas frescas

recién cortadas. Para los análisis de proteína, lípidos y fibra cruda, las hojas se deshidrataron en un deshidratador de bandejas (125°F durante la noche) y se molieron. Las hojas que se analizaron cocinadas fueron sumergidas durante 15 minutos en agua hirviendo, o según se indica.

2. Componentes químicos evaluados.

- a. Humedad: según método 7.003 (AOAC, 1984)
- b. Proteína: según método 2.058 (AOAC, 1984)
- c. Lípidos: según método 7.061 (AOAC, 1984)
- d. Fibra cruda: según método 7.066 (AOAC, 1984)
- e. Cenizas: según método 7.009 (AOAC, 1984)
- f. Vitamina C: según método 43.064 (AOAC, 1984). La extracción se hizo licuando las hojas en la solución extractora. Además de determinar la vitamina C en hojas crudas y cocinadas 15 minutos en agua hirviendo, se determinó el efecto de secado y del volumen de agua de cocción en la retención de vitamina C en la hoja.
- g. Carotenoides: los análisis fueron hechos en colaboración con INCAP según método descrito en apéndice A. El análisis se hizo en hojas crudas de El Cerinal, cocinadas 15 y 30 minutos en agua hirviendo y en hojas deshidratadas (125°F durante la noche).
- h. Glucósidos cianogénicos: según método 26.149 (AOAC, 1984). En hojas crudas y cocinadas 15 minutos en agua hirviendo.



3. Eliminación de glucósidos cianogénicos durante cocción. Se midieron glucósidos cianogénicos con método 26.149 (AOAC, 1984) después de varios tiempos de cocción en agua hirviendo de hojas de chaya de Retalhuleu (0, 2.5, 5, 7.5, 10 y 15 min). Se midió el efecto de secado a 125°F durante 3 horas, macerado en mortero y cocción al vapor de hojas sobre los glucósidos cianogénicos.

4. Análisis sensorial de hojas de chaya. Se determinó la aceptabilidad de hojas de chaya en comparación a espinaca y acelga. Se hizo una prueba de aceptabilidad por ordenamiento (Watts, et al., 1989) y se determinó si existían diferencias significativas con la prueba de Friedman (Apéndice B).

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El resumen de resultados de composición proximal de hojas de chaya (Tabla 5.1, resultados completos en Tabla 5.2) muestra que el nivel de humedad de estas hojas es bajo comparado al de otras hojas como espinaca (90% humedad) o lechuga (95% humedad). Esto indica que la porción seca de esta hoja es mayor, en comparación con otras hojas y, por lo tanto, también su valor nutritivo. Esta puede ser la razón por la cual los niveles de los demás nutrientes (proteína, cenizas, lípidos, carbohidratos y fibra) son el doble o incluso el triple de los de otras hojas similares (ver Tabla 2.1). En general, los resultados obtenidos son similares a los de la tabla de composición de alimentos del INCAP (Wu-Leung y Flores, 1961), en los que se analizó una sola muestra.

Tabla 5.1

RESUMEN DE RESULTADOS DE COMPOSICION PROXIMAL DE HOJAS DE CHAYA FRESCAS (GRAMOS/100 GRAMOS DE HOJA FRESCA)

Humedad	Proteína	Cenizas	Lípidos	Carbohidratos [^]	Fibra
74.7-84.8 (79.5±3.8)*	5.5-9.0 (6.9±1.4)	1.5-2.6 (2.0±0.5)	1.4-2.3 (1.8±0.4)	6.6-12.6 (7.5±4.1)	1.9-2.7 (2.3±0.3)

[^] Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

* Media ± desviación estándar de 6 muestras, cada una analizada en triplicado

La humedad de las hojas varió aproximadamente de un 75 a un 85%. Esto podría indicar

que existen diferencias significativas entre las diferentes muestras, pero la humedad de las hojas puede variar mucho según las condiciones ambientales. Por ejemplo, se obtuvo una variación de 8% en la humedad de dos muestras colectadas en un mismo lugar (El Cerinal-UVG), pero en diferentes épocas del año. Por lo tanto es muy probable que las diferencias observadas en la humedad de las distintas variedades se deban a variaciones ambientales. La posición de las hojas en la planta también podría afectar su contenido de humedad, por lo que las muestras se tomaron aproximadamente de la misma región de cada planta.

Tabla 5.2

**COMPOSICION PROXIMAL DE MUESTRAS FRESCAS DE HOJAS DE CHAYA
(GRAMOS/100 GRAMOS DE HOJA FRESCA)**

Muestra*	Humedad	Proteína	Cenizas	Lípidos	Carbohidratos [^]	Fibra
Cerinal	75.9±2.2 ⁺ (3) ^T	9.0±0.3 (1)	2.6±0.2 (1)	2.2±0.1 (1)	10.3±2.2 (1)	2.2±0.1 (1)
S.M.Chicaj	74.7±1.6 (2)	8.2±0.5 (1)	2.2±0.1 (1)	2.3±0.1 (1)	12.6±1.7 (1)	2.5±0.2 (1)
Jutiapa-p	79.3±0.9 (2)	5.7±0.3 (1)	2.5±0.2 (1)	1.7±0.2 (1)	10.8±1.0 (1)	2.7±0.2 (1)
Jutiapa-r	80.0±2.2 (2)	6.6±0.1 (1)	1.5±0.6 (1)	1.7±0.1 (1)	10.2±2.2 (1)	2.4±0.1 (1)
Retalhuleu	82.3±1.8 (2)	6.3±0.1 (1)	1.6±0.37 (1)	1.5± 0.1 (1)	8.3±1.8 (1)	2.0±0.2 (1)
Petén	84.8±1.6 (2)	5.5±0.4 (1)	1.7±0.5 (1)	1.4±0.3 (1)	6.6±1.6 (1)	1.9± 0.1 (1)

* Las muestras se analizaron crudas. Estas pueden agruparse morfológicamente en cuatro diferentes variedades: 1-Cerinal y San Miguel Chicaj, 2-Jutiapa picuda, 3-Jutiapa redonda, y 4-Petén y Retalhuleu.

[^] Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

⁺ Media ± desviación estándar

^T Número de muestras, cada una analizada en triplicado.

En la Tabla 5.3 se muestra la composición proximal de la hoja de chaya, luego de ser cocinada por 15 minutos en agua hirviendo. En la hoja cocinada se observa una disminución en la concentración de cenizas y esta disminución, por su magnitud (58%), no puede deberse a absorción de agua por la hoja, sino a pérdida neta de minerales durante la cocción. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Booth, et al. (1992), quienes determinaron que los minerales, que principalmente se pierden, son magnesio, potasio y fósforo.

La concentración de proteína aumenta durante la cocción, y esto es probablemente debido a la pérdida de otros nutrientes como minerales y carbohidratos. Al perderse estos nutrientes, la proteína forma un mayor porcentaje de la composición de las hojas.

Tabla 5.3

**EFFECTO DE LA COCCION POR 15 MINUTOS EN AGUA HIRVIENDO
EN LA COMPOSICION PROXIMAL DE HOJAS DE CHAYA DE CERINAL
(GRAMOS/100 GRAMOS DE HOJA SECA)**

Muestra	Proteína	Cenizas	Lípidos	Carbohidratos [^]	Fibra
Cruda	37.4±1.1	10.8±0.8	8.9±0.5	42.8±1.4	9.2±0.3
Cocinada	42.4±0.5	6.0±1.6	12.5±0.5	39.1±2.7	13.0±2.1

[^] Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

* Media ± desviación estándar de una muestra analizada en triplicado.

Los carbohidratos, al igual que las cenizas, parecen disminuir principalmente por pérdida neta durante la cocción. Por otro lado, los niveles de fibra y lípidos parece ser que también aumentan un poco durante la cocción.

En la Tabla 5.4 se muestra la composición proximal, con base en peso seco, de las distintas variedades de chaya analizadas. Estos resultados se utilizaron para comparar la composición de las diferentes variedades ya que la humedad, como ya se mencionó, puede variar por condiciones ambientales.

Aparentemente sí hay una diferencia en el contenido de proteína con la variedad de Jutiapa picuda, el cual es significativamente menor ($p < 0.05$) que el contenido de las demás variedades. En el contenido de cenizas, lípidos y carbohidratos hay diferencia significativa entre algunas variedades pero no hay alguna variedad que sobresalga con una cantidad significativamente mayor o menor que todas las otras variedades. En cuanto al contenido de fibra, la variedad de El Cerinal parece tener significativamente menos que las otras variedades y la de Jutiapa picuda, parece tener significativamente más que las otras. Coincidentemente, la variedad de Jutiapa picuda, que resultó con más fibra, contiene también menos proteína.

Las variedades de El Cerinal y San Miguel Chicaj, que son morfológicamente similares, tienen diferencias significativas ($p < 0.05$) en su contenido de proteína, cenizas, carbohidratos y fibra. La variedad de El Cerinal parece tener más proteína y cenizas,

mientras que la de San Miguel Chicaj más carbohidratos y fibra. En el contenido de lípidos no difieren significativamente. Las muestras fueron colectadas en lugares diferentes (ver sección IV.A.1) y además se cortaron en distintas épocas del año, por lo que es posible que las diferencias se deban a factores ambientales.

Tabla 5.4
COMPOSICION PROXIMAL DE MUESTRAS DE HOJAS DE CHAYA
EN PESO SECO
(GRAMOS/100 GRAMOS DE PESO SECO)[†]

Muestra*	Proteína	Cenizas	Lípidos	Carbohidratos [^]	Fibra
Cerinal	37.4±1.1 ^{##}	10.8±.8 ^a	8.9±0.5 ^{abcde}	42.8±1.4 ^a	9.2±0.3 ^a
S.M.Chicaj	32.5±1.8 ^{ab}	8.7±0.4 ^b	9.2±0.4 ^{bd}	49.6±1.8 ^{bc}	10.8±.8 ^b
Jutiapa-p	27.6±1.4 ^c	12.1±1 ^a	8.1±0.1 ^c	52.2±1.7 ^c	12.9±.1 ^c
Jutiapa-r	32.9±0.6 ^d	7.5±0.3 ^c	8.6±.06 ^d	51.0±0.7 ^c	11.8±.6 ^{bd}
Retalhuleu	35.5±0.8 ^{ab}	9.0±2.1 ^{abc}	8.4±.06 ^c	47.1±2.2 ^{bd}	11.6±.1 ^b
Petén	36.1±2.4 ^{ab}	11.3±.3 ^a	9.4±0.2 ^{ab}	43.2±2.4 ^{ad}	12.6±.6 ^d

[†] Media ± desviación estándar de una muestra analizada en triplicado.

* Las muestras se analizaron crudas. Estas pueden agruparse morfológicamente en cuatro diferentes variedades: 1-Cerinal y San Miguel Chicaj, 2-Jutiapapicuda, 3-Jutiaparedonda, y 4-Petén y Retalhuleu.

[^] Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

[#] Medias de un mismo parámetro (e.g. proteína) con letras en común no son significativamente diferentes por la prueba t de Student ($p < 0.05$).

Por otro lado, entre las variedades de Retalhuleu y de Petén, que son también morfológicamente similares, existen diferencias significativas sólo en su contenido de lípidos y fibra.

Los resultados del análisis de carotenos por HPLC se muestran en la Tabla 5.5. Se encontraron niveles de carotenos bastante altos y entre los carotenos sólo se detectó β -caroteno; además parecen estar presentes xantofilas. Este es un resultado positivo ya que el β -caroteno es el caroteno con mayor valor de provitamina A. Los resultados obtenidos son mucho más altos que los reportados en la tabla de composición de alimentos del INCAP (Wu-Leung y Flores, 1961). Además, en la tabla del INCAP se reportan "otros carotenos" ($3556\mu\text{g}/100\text{g}$ de β -caroteno y $2368\mu\text{g}/100\text{g}$ de otros carotenos). Es posible que estos "otros carotenos" sean producto de la degradación del β -caroteno. Por otro lado, los valores de β -caroteno que se obtuvieron en este estudio son comparables a los reportados por Booth et al (1992) también hechos por HPLC (ver Tabla 2.2). Los niveles de β -caroteno encontrados en chaya son sumamente altos, no sólo comparados con los de otras hojas similares (Tabla 2.1), sino con otros alimentos como zanahoria, una verdura con alto contenido de β -caroteno ($7602\mu\text{g}$ β -caroteno y $3789\mu\text{g}$ α -caroteno/ 100g peso fresco) (Bureau and Bushway, 1986).

Parece ser que al cocinar las hojas de chaya durante 15 o 30 minutos en agua hirviendo, no disminuye el nivel de β -caroteno. Aparentemente el nivel aumenta pero esto puede ser debido a que al cocinar las hojas se logra una mejor extracción de los carotenoides. Aún no se sabe qué sucedería a los carotenos de hojas de chaya con otros procedimientos de cocción, por ejemplo, al freír las hojas. Se intentó estudiar el efecto de la deshidratación de hojas de chaya, pero de las hojas secas no se pudieron extraer totalmente los carotenos.

Tabla 5.5

**ANÁLISIS DE CAROTENOIDES POR HPLC EN HOJAS DE CHAYA
DE CERINAL EN PESO FRESCO[^]
($\mu\text{g}/100$ GRAMOS)**

Muestra	β -caroteno ^T	ER*/100 gramos	% Humedad [#]
Hojas crudas	10826 \pm 1150	1804	79.3 \pm 0.4
Hojas cocinadas 15 min	12914 \pm 36	2152	82.3 \pm 0.1
Hojas cocinadas 30 min	13478 \pm 83	2246	83.6

[^] Análisis hechos en colaboración con INCAP.

^T Media \pm desviación estándar. Se realizaron dos extracciones de cada muestra y dos inyecciones en HPLC de cada extracción.

* ER = equivalentes de retinol = 1 μg de retinol. Obtenidos dividiendo el contenido de β -caroteno entre 6.

El porcentaje de humedad se determinó en duplicado. El dato sin desviación estándar es determinación única.

A pesar que el contenido de carotenos en hojas de chaya es muy alto, no se ha estudiado su biodisponibilidad y, por lo tanto, no se sabe cuál podría ser su contribución de vitamina A a la dieta. Las recomendaciones dietéticas diarias de vitamina A varían de 350 equivalentes de retinol en niños a 600 equivalentes de retinol en adultos (Torún, *et al.*, 1994). Si el β -caroteno de la chaya tiene actividad de vitamina A de acuerdo al factor más utilizado (6 μg β -caroteno = 1 μg vitamina A = 1 equivalente de retinol) (Olson, 1991), aproximadamente 25 gramos de chaya cocinada serían suficientes para obtener la recomendación diaria de vitamina A de un adulto. Es evidente que si el β -caroteno de la chaya es disponible en un buen porcentaje, esta hoja podría ayudar a disminuir las deficiencias de vitamina A.

En la Tabla 5.6 se presentan los resultados de los análisis de vitamina C en muestras de

hojas de chaya crudas y cocinadas 15 minutos en agua hirviendo. La vitamina C es un nutriente muy importante en la dieta. Es esencial para la formación del tejido conectivo y la prevención de escorbuto. Además ayuda en la absorción de hierro, el cual es un micronutriente deficiente, según INCAP (1991) en 26% de la población rural. La deficiencia de hierro es una de las principales causas de anemia en Centroamérica (Viteri, 1989).

Tabla 5.6

**VITAMINA C DE MUESTRAS DE HOJAS DE CHAYA CRUDAS Y COCINADAS
15 MINUTOS EN AGUA HIRVIENDO^a
(MG VITAMINA C/GRAMO DE HOJA FRESCA)**

Muestra	Cruda	Cocinada	% retenido
Cerinal	7.12±0.38	1.73±0.10	24
San Miguel Chicaj	7.06±0.99	2.59±0.29	37
Jutiapa picuda	4.36±0.48	1.54±0.31	35
Jutiapa redonda	2.93±0.27	1.01±0.60	59
Retalhuleu	3.13±0.46	0.50±0.13	16
Petén	2.62±0.54	0.66±0.17	25

^a Media ± desviación estándar de una muestra en triplicado.

Se encontró que los niveles de vitamina C en chaya cruda son sumamente altos, no sólo comparada con otras verduras sino con valores reportados anteriormente (ver Tabla 2.1). La diferencia con los valores de la Tabla 2.1 pueden deberse a que la muestra analizada por INCAP haya sido tratada de distinta forma. La vitamina C se pierde con mucha facilidad por lo que los análisis del presente estudio se hicieron inmediatamente después

de cortar las hojas. Los niveles encontrados en este estudio son también muy altos comparados a frutas como el limón (0.51 mg/g peso fresco) o fresa (0.70 mg/g peso fresco) (Wu-Leung y Flores, 1961).

Parece ser que las variedades que más vitamina C tienen son El Cernal y San Miguel Chicaj. Estas dos variedades no presentan diferencia significativa entre sí, pero sí con las demás variedades. De igual manera las variedades de Jutiapa redonda, Retalhuleu y Petén no presentan diferencias significativas entre sí, pero sí con las demás variedades. Estas tres variedades parecen tener niveles de vitamina C menores que las otras variedades. Es interesante mencionar que el contenido de vitamina C de una muestra es similar al de otra muestra que es morfológicamente parecida. Por ejemplo, el contenido de vitamina C de la chaya de El Cernal no es significativamente distinto del de la de San Miguel Chicaj. Lo mismo ocurre entre la chaya de Retalhuleu y la de Petén.

En cuanto al efecto de cocción en agua hirviendo por 15 minutos, en general se pierde más del 60% de la vitamina C al cocinar la hoja. A pesar de esto, los niveles que quedan son todavía altos.

Como se ha reportado anteriormente (Mathooko and Imungi, 1994), la cantidad de vitamina C retenida depende del volumen de agua de cocción. En la Tabla 5.7 se muestran los resultados obtenidos al cocinar chaya con diferentes volúmenes de agua de

cocción. Se puede ver que es posible duplicar el porcentaje de retención de vitamina C al disminuir cuatro veces el volumen de agua. El volumen mínimo de agua utilizado (50 ml/aproximadamente un gramo de hoja) era todavía un exceso, por lo que las hojas podrían cocinarse todavía con menos agua y probablemente retener más vitamina C. Al cocinar al vapor se logra una retención mucho mayor, pero no es seguro que este tratamiento por 15 minutos sea suficiente para cocinar la hoja.

Tabla 5.7

PORCENTAJE DE VITAMINA C RETENIDO EN HOJAS DE CHAYA DE CERINAL COCINADAS 15 MINUTOS EN DIFERENTES VOLUMENES DE AGUA

Volumen de agua (ml)	% vitamina C retenido ^a
200	19.6±4.7
100	25.8±3.8
50	35.4±5.3
Al vapor	87.1±3.4

^a Media ± desviación estándar de una muestra en triplicado

Los resultados del análisis de vitamina C en hojas deshidratadas se presentan en la Tabla 5.8. La deshidratación es un procesamiento con el cual se podría almacenar la chaya por largo tiempo. Se ve que con este tratamiento sólo se retiene aproximadamente un tercio del contenido total de vitamina C en la hoja. A pesar de esto, los niveles que quedan en la hoja son todavía suficientes para contribuir significativamente en la dieta.

Tabla 5.8

**VITAMINA C RETENIDA EN HOJAS DE CHAYA DE
CERINAL DESHIDRATADAS[^]**

mg vitamina C/gramo peso fresco		% retenido
Hoja fresca	Hoja deshidratada	
6.29±1	2.11±0.07	34.16±6.5

[^] Media ± desviación estándar de una muestra en triplicado.

En la Tabla 5.9 se presentan los resultados de análisis de glucósidos cianogénicos en hojas de chaya de distintas variedades, crudas y cocinadas, durante 15 minutos en agua hirviendo. Los glucósidos cianogénicos, al hidrolizarse, forman ácido cianhídrico (HCN) y es éste el que se mide en el análisis. El HCN es tóxico pero logra eliminarse fácilmente durante la cocción de las hojas.

Tabla 5.9

**GLUCOSIDOS CIANOGENICOS EN MUESTRAS DE CHAYA CRUDA
Y COCINADA 15 MINUTOS EN AGUA HIRVIENDO[^]
(MG HCN/GRAMO PESO SECO)**

Muestra	Cruda	Cocinada
Cerinal	0.44±0.06	0.12±0.02
S.M.Chicaj	0.53±0.08	0.06±0.06
Jutiapa-p	0.75±0.17	0.13±0.04
Jutiapa-r	0.70±0.01	0.15±0.04
Retalhuleu	0.83±0.24	0.02±0.02
Petén	0.51±0.07	0.06±0.06

[^]Media ± desviación estándar de una muestra en duplicado.

Según la prueba de t de student ($p < 0.05$), no existe diferencia significativa en los

niveles de glucósidos cianogénicos de las hojas crudas de las distintas variedades. Hasta donde sabemos, estas son las primeras mediciones de glucósidos en hojas de chaya cocinadas. Los niveles de glucósidos disminuyen significativamente al cocinar las hojas 15 minutos, lo cual coincide con el tiempo, reportado en entrevistas, que usa la gente para cocinar la chaya.

Se midió la cantidad de glucósidos cianogénicos en hojas de chaya después de varios tiempos de cocción y los resultados se muestran en la Tabla 5.10. Estos resultados pueden también observarse en la Gráfica 5.1. Esta gráfica muestra claramente que durante los primeros cinco minutos de cocción desaparecen la mayor parte de glucósidos y a los 15 o 20 minutos los valores representan aproximadamente 2% del contenido inicial. Resultados similares se obtuvieron con hojas de chaya de El Cerinal. Se hicieron análisis con el agua de cocción pero no se detectó HCN, por lo que no es peligrosa respecto de HCN y puede consumirse, por ejemplo, como parte de una sopa. Es probable que el agua de cocción tenga parte de la vitamina C y minerales que se pierden durante la cocción de las hojas.

Se estudió también el efecto de deshidratado, macerado y cocción al vapor sobre los glucósidos cianogénicos de hojas de chaya (Tabla 5.11). La deshidratación de hojas no tiene casi ningún efecto sobre los glucósidos, ya que el 4% que se reduce es más probable que se deba a diferencias entre las mismas hojas y no tanto al proceso de secado.

Tabla 5.10

**GLUCOSIDOS CIANOGENICOS DE HOJAS DE CHAYA DE RETALHULEU
A DIFERENTES TIEMPOS DE COCCION[^]**

Tiempo (minutos)	mg HCN/g peso seco	% retenido
0.0	0.83 ± 0.24	100±0.41
2.5	0.23 ± 0.04	27.7±0.34
5.0	0.15 ± 0.16	18.1±1.10
7.5	0.10 ± 0.01	12.0±0.30
10.0	0.01 ± 0.02	1.2±2.02
15.0	0.02 ± 0.02	2.4±1.04
20.0	0.02 ± 0.001	2.4±0.29

[^] Media ± desviación estándar de una muestra en duplicado.

La maceración en mortero redujo más del 50% el nivel de glucósidos de las hojas. El hecho de que se reduzcan los niveles al macerar las hojas indica que está presente en las hojas una enzima glucosidasa, por lo que si se dejaran reposar las hojas maceradas o licuadas, los niveles podrían disminuir aún más. Esto se confirmó al dejar incubar hojas maceradas por 24 horas, lo que disminuyó los glucósidos a niveles no detectables.

En las hojas cocinadas al vapor también se observa una reducción en la cantidad de glucósidos. A los 20 minutos se reduce casi un 30% y a los 30 minutos casi un 50%. Al cocinar las hojas al vapor durante más tiempo probablemente se logre una mayor reducción y esta podría ser una buena opción para cocinar las hojas debido a que de esta manera se pierden menos nutrientes, por ejemplo vitamina C, que en agua hirviendo.

**GRAFICA 5.1 GLUCOSIDOS CIANOGENICOS DE HOJAS DE CHAYA DE RETALHULEUA
DIFERENTES TIEMPOS DE COCCION**

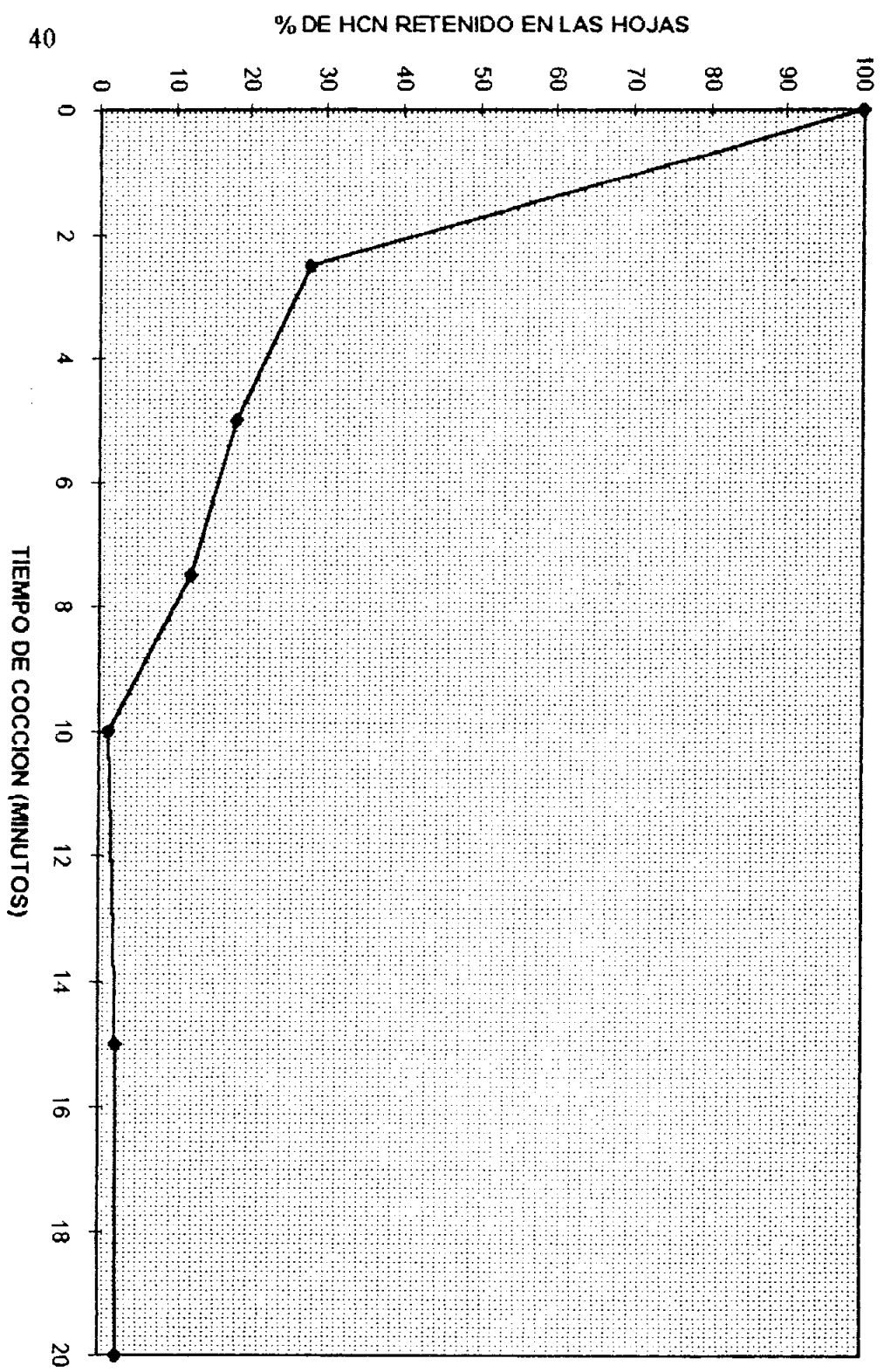


Tabla 5.11

**GLUCOSIDOS CIANOGENICOS EN HOJAS DE CHAYA
CON DISTINTOS TRATAMIENTOS**

Tratamiento	% de HCN retenido en la hoja
Hojas crudas (control)	100 ± 0.19
Hojas deshidratadas [^]	96 ± 0.13
Hojas maceradas*	46 ± 0.21
Hojas maceradas/incubadas 24 horas*	No se detectó HCN
Hojas al vapor 20 minutos [^]	72 ± 0.27
Hojas al vapor 30 minutos [^]	56 ± 0.31

[^] Hojas de El Cerinal

* Hojas de Retalhuleu

A pesar de los niveles de glucósidos cianogénicos en las hojas, nunca se ha reportado un caso de envenenamiento con cianuro por comer hojas de chaya. Basándonos en 0.5 mg de HCN/kg de peso, como dosis letal oral para humanos, una persona de 50 kg (110 lb) necesitaría consumir aproximadamente 0.2 kg (0.4 lb) de hojas de chaya crudas o 0.8 kg (1.9 lb) de hojas de chaya cocinadas (basándose en el contenido más alto de HCN entre las distintas variedades, ver Tabla 5.9), para llegar a la dosis letal mínima. Esto equivale aproximadamente a 56 hojas de chaya crudas (aprox. 3g cada hoja) o 277 hojas de chaya cocinada, consumidas por una sola persona en un tiempo de comida, lo cual es poco factible.

Para comparar la aceptabilidad de la chaya con la de espinaca y acelga, que son hojas que se consumen comúnmente, se realizó una prueba sensorial de aceptación por ordenamiento. Esta prueba demostró que la chaya tiene la misma aceptación que otras verduras similares como la espinaca y la acelga (ver Tabla 5.12). No hubo una diferencia

significativa con ninguna de las otras dos hojas mencionadas. Estos análisis sugieren que es factible aumentar el consumo de chaya mediante su promoción.

Tabla 5.12

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE EVALUACION SENSORIAL DE HOJAS
DE CHAYA COMPARADAS CON ESPINACA Y ACELGA**

Verdura	Valor total	Diferencias	Valor critico
Espinaca	60	Chaya/Espinaca $66-60 = 6$	19
Acelga	66	Chaya/Acelga $66-54 = 12$	19
Chaya	54	Espinaca/Acelga $60-54 = 6$	19

VI. CONCLUSIONES

- A. Las distintas variedades de hojas de chaya presentaron variación en su contenido nutricional, lo cual puede deberse a diferencias ambientales o genéticas. Sin embargo, todas las variedades de chaya analizadas tienen un alto valor nutritivo.
- B. La humedad de la chaya es baja (75-85%) comparada con la de otras hojas similares, por lo que tiene más materia seca y por consiguiente más valor nutritivo.
- C. Los niveles de proteína en hojas de chaya son altos (5.5-9.0 g/100 g hoja fresca) comparados con los de hojas similares.
- D. Durante su cocción, las hojas de chaya parecen perder minerales y carbohidratos y aumentar sus niveles de proteína, lípidos y fibra.
- E. El contenido de β -caroteno en hojas de chaya es alto (10826 μ g/100 g hoja fresca) comparado con otras hojas, incluso similar al contenido de β -caroteno en zanahoria.
- F. La cocción de hojas de chaya en agua hirviendo parece no disminuir sus niveles de β -caroteno.
- G. Los niveles de vitamina C en hojas de chaya son altos (2.6-7.1 mg/100 g hoja fresca) comparados con otras hojas similares y con frutas como limón.
- H. La cocción de hojas de chaya en agua hirviendo puede provocar pérdidas considerables de la vitamina C, pero estas pérdidas son menores al disminuir el volumen de agua de cocción.

- I. El secado de las hojas también parece provocar considerables pérdidas de vitamina C.
- J. Los glucósidos cianogénicos de hojas de chaya logran eliminarse considerablemente con 15 ó 20 minutos de cocción en agua hirviendo.
- K. La deshidratación de las hojas de chaya no disminuye su contenido de glucósidos cianogénicos.
- L. La maceración y la cocción al vapor de hojas de chaya logran disminuir considerablemente el nivel de glucósidos cianogénicos
- M. Las hojas de chaya presentan la misma aceptabilidad sensorial que las de espinaca acelga.

VII. RECOMENDACIONES

A. Estudiar la calidad de la proteína de las hojas de chaya. Las hojas de chaya tienen niveles altos de proteína, pero su aprovechamiento depende de la digestibilidad de la proteína y de su patrón de aminoácidos. Es recomendable hacer, por ejemplo, un bioensayo con ratas para determinar la digestibilidad (Pellet y Vernon, 1980) y determinar el patrón de aminoácidos esenciales.

B. Estudiar la biodisponibilidad de la vitamina A de las hojas de chaya. Los niveles de β -caroteno de las hojas de chaya son altos, pero éstos no necesariamente son disponibles. Es recomendable evaluar la contribución de la chaya en cuanto a vitamina A, por ejemplo con un ensayo biológico.

C. Hacer estudios para identificar los glucósidos cianogénicos de las hojas de chaya. Esto podría dar información para desarrollar métodos simples que eliminen los glucósidos cianogénicos sin dañar otros nutrientes como vitamina C.

D. Hacer estudios sobre el contenido de hierro y de hierro biodisponible en hojas de chaya crudas y cocinadas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- AOAC. Official Methods of Analysis. 14th ed. USA. William Byrd Press. 1141 pp.
1984
- Barrera, A., M.I. Frías, y A.L. Ramos. "La chaya" Informa Comunicado No. 45 sobre
1981 recursos bióticos del país; Instituto nacional de investigaciones sobre recursos
bióticos (México).
- Booth, S., R. Bressani, and T. Johns. "Nutrient content of selected Indigenous Leafy
1992 Vegetables Consumed by the Kekchi People of Alta Verapaz, Guatemala".
Journal of Food Composition and Analysis (USA) 5: 25-34.
- Booth, S., T. Johns, and C.Y. Lopez-Palacios. "Factors Influencing the Dietary Intake
1993 of Indigenous Leafy Greens by the K'ekchi People of Alta Verapaz,
Guatemala". Ecology of Food and Nutrition (USA) 31: 127-145.
- Breckon, G.J. Cnidoscolus, section Calyptosolen (Euphorbiaceae) in Mexico and Central
1975 America. Ph.D. Thesis. USA, University of California, Davis. 463 pp.
- Bureau, J.L., R.J. Bushway. "HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables
1986 in the United States". Journal of Food Science (USA) 51(1): 128-130.
- Carvalho, PRN., C.H. Collins, D.B. Rodríguez-Amaya. "Comparison of provitamin A
1992 determination by Normal-Phase Gravity-Flow Column Chromatography and
Reverse-Phase High Performance Liquid Chromatography". Chromatography 33:
133-137.
- Coe, S. America's first cuisines. USA, University of Texas Press. 276pp.
1994
- Conn, E. "Cyanogenetic Glycosides". In Toxicants occurring naturally in foods. USA,
1973 National Academy of Sciences. pp.299-308.
- De Landa, D. Relación de las cosas de Yucatán. México, Producción editorial Dante,
1560 S.A. 153pp.
- Díaz-Bolio, J. La chaya planta maravillosa. México, Area Maya. 45pp.
1974

- Donkoh, A., A.G. Kese and C.C Atuahene. "Chemical composition of chaya leaf meal 1990 (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) Johnston) and availability of its amino acids to chicks". Animal Feed Science and Technology (USA) 30: 155-162.
- Hernández, J.E., J.León. Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. Roma, 1992 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 339 pp.
- INCAP. Annual report. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 1991
- Martin, F.W, R. Ruberté. Vegetables for the Hot Humid Tropics. Part 3. Chaya, 1978 Cnidoscolus chayamansa. USA, Science and Education Administration, U.S.D.A.
- Mathooko, F.M., J.K. Imungi. "Ascorbic acid changes in three indigenous Kenyan leafy 1994 vegetables during traditional cooking". Ecology of Food and Nutrition (USA) 32: 239-245.
- Mellen, G. "El uso de las plantas medicinales en Guatemala". Guatemala Indígena 1974 2 (1/2): 99-174.
- Morton, J. Atlas of medicinal plants of middle America Bahamas to Yucatán. 1981 Springfield (USA). Charles C. Thomas Publisher.
- Nagy, S., H. Nordby, and L. Telek. "Lipid Distributions in Green Leaf Protein 1978 Concentrates from Four Tropical Leaves". Journal of Agriculture and Food Chemistry (USA) 26 (3): 701-706.
- National Academy of Sciences. Underexploited tropical plants with promising economic 1975 value. Washington, D.C. (USA). National Academy of Sciences. pp. 45-47.
- Olson, J.A. "Vitamina A". En Conocimientos actuales sobre nutrición. 6a. edición. 1991 Washington, D.C. (USA). OPS/ILSI. pp. 121
- Orellana, S.L. Indian medicine in highland Guatemala. The pre-hispanic and colonial 1987 periods. USA, University of New Mexico Press. 308pp.
- Pellet, P.L., R.Y. Vernon. Evaluación nutricional de alimentos proteínicos. Tokyo, 1980 Japón, Universidad de las Naciones Unidas. pp. 47,62.
- Standley, P., J. Steyermark. "Flora of Guatemala". Fieldiana Botany. Chicago Natural 1949 History Museum (USA) 24 (6): 47, 59-61, 97, 106, 135.

- Torún, B., M. Menchú y L. Elías. Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP.
1994 Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Organización Panamericana de la Salud. 137pp.
- Viteri, F.E. "Metas nutricionales de nutrientes hematopoyéticos: hierro y folatos". En
1989 Alimentación y nutrición en Centroamérica y Panamá: Análisis y estrategias para su desarrollo. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. pp. 162.
- Watts, B.M., G.L. Ylimaki, L.E. Jeffery, y L.G. Elías. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Ottawa (Canadá), IDCR.
1989
- Wu-Leung, W.T., M. Flores. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina.
1961 Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/
Interdepartmental Committee on Nutrition for National Defense.



APENDICE A

Procedimiento de análisis de carotenoides por Cromatografía Líquida: Método de Carvalho, et al. (Método obtenido del INCAP)

1. Extracción:

a. Pesar de 10 a 70 gramos de muestra dependiendo de qué tipo sea, agregar 10 g de célite y licuar la muestra con acetona en fracciones de 50 ml de acetona, hasta un volumen total de 200 ml de acetona, para hacer más efectiva la extracción.

b. Transferir la acetona a una ampolla de separación que contenga de 60 a 100 ml de éter de petróleo y agregar agua hasta llenar dicha ampolla. Dejar reposar la ampolla por aproximadamente 20 minutos y luego llevar a cabo lavados sucesivos de agua destilada, hasta que no haya más acetona en el agua de lavado (esta comprobación se lleva a cabo colocando un poco del lavado en un tubo de ensayo y agregándole 2,4-DNF).

c. La fase etérea (solución de carotenoides) se recoge en un balón de fondo plano con tapón esmerilado, que contiene sulfato de sodio anhidro.

2. Cromatografía en Columna:

d. La solución de éter (carotenoides) se coloca en un rotavapor y se lleva a un volumen de aproximadamente 15 ml.

e. Los 15 ml de la solución de éter (carotenoides) se pasa por una columna empacada con: fibra de vidrio, MgO:Hyflko Super Cel y sulfato de sodio anhidro granulada, de 60 * 9 mm. Se eluye la muestra con una solución de acetona al 5% en éter de petróleo, se utiliza un kitazato de 125 ml para recoger la muestra con ayuda de vacío.

3. Cromatografía HPLC:

f. Al eluido se le agregan 0.45 ml de solución estándar de Sudan I y se evapora a sequedad con nitrógeno en una campana de gases.

g. Se agregan 5.0 ml de acetona, se mezcla y la solución se guarda en recipientes color ambar.

h. Para realizar la cromatografía en HPLC, se filtra la solución con la ayuda de una membrana de 0.45 μm .

i. La cromatografía se lleva a cabo con las siguientes condiciones generales:

Fase Móvil: Acetonitrilo:metanol:THF (40:56:4)
Flujo: 2 ml/minuto
Detector: UV a 470 nm con sensibilidad de 0.002 $\mu\text{A/mV}$
Pres.aprox: 240 atm.
Atenuación DS:4
Columna: MicroPak SP C18-3
Vol.inyección:10 μl .

j. Se realizan dos inyecciones con un volumen de 10 μl .

APENDICE B

Análisis Sensorial

Para determinar si existen diferencias entre acelga, espinaca y chaya en cuanto a aceptabilidad general se cocinaron las tres hojas de la misma manera, en agua hirviendo con un poco de sal. Las muestras se codificaron y se dio a probar a 30 personas de ambos sexos y de edades comprendidas entre 19 y 76 años. La encuesta que se les dio fue la siguiente:

Sexo: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Pruebe cada una de las muestras que se le presentan a continuación. Asigne el valor 1 a la que tenga el sabor más aceptable, el 2 a la que siga y el 3 a la que tenga el sabor menos aceptable. Tome agua después de probar cada muestra. Evite asignar el mismo rango a dos muestras.

Código	Rango asignado
--------	----------------

_____	_____
_____	_____
_____	_____

Para el análisis de los datos se suman todos los valores asignados a cada muestra y a continuación se determinan las diferencias significativas entre muestras comparando todos los posibles pares, utilizando la prueba de Friedman (la tabla de valores críticos para esta prueba se presenta al final de este apéndice). Las diferencias entre todos los posibles pares se comparan con el valor crítico de la tabla, en base a un nivel de significancia determinado (5%) y al número de panelistas y muestras empleadas en la

prueba. Si la diferencia entre los valores de las dos muestras es mayor al valor de la tabla, se concluye que el par de muestras es significativamente diferente al nivel de significancia seleccionado. La tabla de valores críticos se muestra a continuación.

**Diferencias Críticas Absolutas de la Suma de Rangos para
las Comparaciones de "Todos los Tratamientos"
a un Nivel de Significancia de 5%**

Panelistas	Número de muestras											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28		
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33		
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37		
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42		
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44		
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47		
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50		
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53		
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56		
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58		
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61		
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63		
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66		
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67		
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69		
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71		
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73		
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75		
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77		
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79		
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80		
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82		
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84		
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85		
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87		
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89		
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90		
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92		
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93		
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95		
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96		
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98		
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99		
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100		
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102		
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103		
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105		
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106		
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107		
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109		
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110		
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111		
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112		
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114		
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115		
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116		
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117		
50	24	34	44	54	64	75	85	96	107	118		
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124		
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130		
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135		
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140		
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145		
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150		
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154		
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159		
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163		
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167		

^a Los valores exactos adaptados de Hollander y Wolfe (1973) se usan en pruebas de hasta 15 panelistas.

^b Se pueden hallar por interpolación los valores no especificados en la tabla cuando participen más de 50 panelistas.