

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE VITAMINA “C”  
Y CAROTENOS EN PLANTAS COMESTIBLES SILVESTRES DEL  
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

**Karin Lissette Medrano Figueroa**

**Nutricionista**

**Guatemala, abril de 2005.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, CONTENIDO DE VITAMINA “C”  
Y CAROTENOS EN PLANTAS COMESTIBLES SILVESTRES DEL  
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

**Informe de Tesis**

**presentado por**

**Karin Lissette Medrano Figueroa**

**Para optar al título de**

**Nutricionista**

**Guatemala, abril de 2005.**



## INDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Radicales Libres	2
1. Definición	2
2. Principales radicales libres	2
3. Efectos de los radicales libres	2
4. Factores que producen radicales libres	3
B. Antioxidantes	4
1. Antioxidantes enzimáticos	4
2. Antioxidantes no enzimáticos	5
3. Fitoquímicos	8
4. Estudios anteriores sobre capacidad antioxidante	13
C. Metodologías para determinar capacidad antioxidante	14
D. Plantas comestibles del departamento de Chiquimula	18
III. JUSTIFICACIÓN	22
IV. OBJETIVOS	23
V. MATERIALES Y MÉTODOS	24
A. Universo	24
Muestra	24
B.	B
C. Materiales	24
D. Metodología	25
VI. RESULTADOS	28
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
VIII. CONCLUSIONES	36
IX. RECOMENDACIONES	37
X. BIBLIOGRAFÍA	38
XI. ANEXOS	44

## RESUMEN

En este estudio se analizaron seis plantas comestibles que crecen silvestres en el departamento de Chiquimula, con el fin de conocer algunos de sus componentes nutricionales y funcionales.

Las muestras analizadas incluyeron: hojas y cogollos de pie de paloma (*Boerhaavia erecta* L.), kela (*Phytolacca icosandra* L. Phytolaccaceae), hato (*Peperomia clavigera* Standl et Steyum Piperaceae) y gamuza o quilete blanco (*Liabum vagans* Blake); hojas, cogollos y frutos de verbena (*Solanum molinarun* J. L. Gentry) y el centro comestible del tallo de chijuilote (*Chamaedorea* sp.).

Las muestras fueron colectadas en cuatro localidades del departamento del Chiquimula durante los meses de diciembre de 2001 a febrero de 2002. Para la determinación de la capacidad antioxidante total se utilizó el método de  $\alpha,\alpha$ -difeníl- $\beta$ -picrilhidrazilo (DPPH), el contenido de fenoles totales por la reacción de Folin Ciocalteu, y la vitamina C y carotenos por cromatografía líquida de alta presión (HPLC). De las muestras frescas se prepararon extractos por duplicado para la determinación de los parámetros indicados.

Las muestras con mayor actividad antioxidante total, contenido de fenoles y carotenos fueron: gamuza, hato y pie de paloma. El chijuilote reportó la menor actividad antioxidante total y el mayor contenido de vitamina C.

Las partes comestibles de las plantas que consisten en cogollos y hojas de color verde intenso, presentaron el mayor contenido de carotenos, especialmente beta-caroteno.

Los resultados de este estudio corroboran la importancia de los vegetales como fuentes de provitamina A y vitamina C, además de otros compuestos funcionales con actividad antioxidante.



## I. INTRODUCCION

En la mayoría de países en desarrollo predominan los alimentos de origen vegetal. El potencial de los vegetales autóctonos en estos países es de particular importancia, ya que pueden constituirse en una alternativa de alimentación económica accesible a la mayoría de la población. En Guatemala en términos de volumen, es uno de los productos de mayor consumo. En promedio el consumo per cápita diario total para el área urbana y rural es de 144 gramos (1,2).

Los vegetales, además de aportar nutrimentos energéticos, vitaminas y minerales, constituyen una fuente importante de compuestos antioxidantes en la dieta. Entre estos componentes antioxidantes están los carotenos, los flavonoides, las vitaminas C y E, y otros fitoquímicos.

Las sustancias antioxidantes poseen la propiedad de neutralizar la acción de los radicales libres, convirtiéndolos en moléculas estables; actualmente se les está considerando como factores de prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, cáncer, artritis, cataratas, retinopatías y el proceso general de envejecimiento (3,4).

Existe poca información sobre la capacidad antioxidante de plantas comestibles, por tal razón en el presente estudio se determinó la capacidad antioxidante total, el contenido de fenoles totales, vitamina C y carotenos en plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula. El reconocimiento de las ventajas antioxidantes de estas plantas incrementará el valor nutricional que ya se reconoce en todos los vegetales como elementos indispensables en una dieta saludable.



## II. ANTECEDENTES

### A. RADICALES LIBRES

#### 1. Definición

Los radicales son compuestos químicos con uno o más electrones desapareados que reaccionan con la molécula estable más cercana, sustrayendo un electrón y produciendo una reacción en cadena (3,4).

#### 2. Principales radicales libres

Entre los principales radicales libres están: el anión superóxido ( $O_2^-$ ), el hidroxilo ( $OH^\cdot$ ), el radical peroxilo ( $RO_2^\cdot$ ) y el alcoxilo ( $RO^\cdot$ ). Algunas moléculas también altamente reactivas y que pueden generar radicales libres son: peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), oxígeno singulete ( $^1O_2$ ) y la mayoría de metales de transición, por ejemplo hierro y cobre (5,6).

La primera especie reactiva formada por la reducción del oxígeno molecular es el anión superóxido, después se forma el peróxido de hidrógeno y posteriormente el radical hidroxilo; estas reacciones son catalizadas por hierro o cobre (7).

El hidroxilo es el radical más reactivo ya que reacciona con azúcares, aminoácidos, fosfolípidos y ácidos orgánicos (6,7).

#### 3. Efectos de los radicales libres

Los radicales libres son creados por células del sistema inmune para desactivar virus y bacterias, para eliminar gérmenes y frenar procesos inflamatorios (7,8).

La excesiva formación de radicales libres dañan las membranas celulares provocando retención de fluidos en las células, lo cual está

relacionado con el envejecimiento. También alteran la formación genética en las células, produciendo cáncer, enfermedades degenerativas, enfermedades del corazón y arterosclerosis. Además, están involucrados en el desarrollo de artritis, formación de cataratas, retinopatías y en general problemas relacionados con el envejecimiento. Algunas reacciones específicas de los radicales libres son:

a) El radical hidroxilo ataca proteínas, DNA y ácidos grasos poliinsaturados en las membranas celulares.

b) El radical superóxido reacciona con el hierro, produciendo un complejo oxi-radical metalión y el radical hidroxilo que daña las células lipídicas y el DNA.

c) El radical peroxilo se produce durante la cadena de reacción de la peroxidación lipídica; daño ocurrido en la membrana celular.

d) El oxígeno singulete daña el DNA y es mutagénico. Cataliza la producción de radicales libres. Es generado por las reacciones fotoquímicas de la peroxidación lipídica en la membrana celular (4,5,6).

#### **4. Factores que producen radicales libres**

Los radicales libres son producidos por procesos metabólicos normales y factores exógenos que pueden propiciar su formación. Entre los principales factores exógenos están:

a) La exposición a los rayos ultravioleta del sol y rayos X

b) Los contaminantes ambientales: NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, humo de cigarro y smog

c) El consumo de ciertos alimentos como carnes ahumadas o dietas altas en grasa.

d) La cocción de alimentos grasos a altas temperaturas (frituras)

pueden generar radicales libres y algunos pueden ser carcinógenos (4,7,8).

La necesidad del organismo de protección contra los radicales libres aumenta bajo ciertas condiciones ambientales o físicas. Aunque las reacciones enzimáticas de protección en las células no pueden aumentarse más allá de su nivel óptimo, el organismo puede obtener sustancias con la propiedad de neutralizar radicales libres, a través de la dieta. Las sustancias con esta capacidad reciben el nombre de antioxidantes (4,6).

## **B. ANTIOXIDANTES**

Los antioxidantes son sustancias que previenen la oxidación o reacciones químicas que involucran oxígeno. Los antioxidantes neutralizan los radicales libres, cediéndoles el electrón que les falta y convirtiéndolos en moléculas estables (3,6,8).

Los antioxidantes pueden dividirse en enzimáticos o de producción endógena y no – enzimáticos que son sustancias exógenas que provienen principalmente de la dieta (9).

Cada sustancia antioxidante tiene características específicas y con frecuencia trabajan sinérgicamente para fortalecer la capacidad antioxidante del cuerpo (4).

### **1. Antioxidantes enzimáticos**

En condiciones normales, el cuerpo puede prevenir el daño producido por radicales libres a través de sus mecanismos de protección, los cuales incluyen algunas enzimas, tales como catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa.

Estas enzimas son capaces de catalizar las reacciones que transforman a los radicales libres y a sus precursores en sustancias inocuas.

Las enzimas proteolíticas constituyen un sistema secundario de defensa, ya que identifican y remueven proteínas dañadas u obsoletas (4,5,7).

Algunos metales y sustancias que participan en sistemas enzimáticos de defensa son:

a) Selenio – Forma parte de la enzima glutatión peroxidasa, la cual evita la producción de radicales libres oxigenados que oxidan los ácidos grasos libres poliinsaturados, incluyendo los de las membranas celulares.

b) Manganeso – Se encuentra en las metaloenzimas mitocondriales superóxido dismutasa.

c) Zinc – Forma parte de numerosas metaloenzimas, y es constituyente esencial de la superóxido dismutasa.

d) Cobre – Forma parte de varias metaloenzimas que catalizan reacciones de oxido-reducción involucradas en eritropoyesis, formación de tejidos conectivos, síntesis de catecolaminas y fosforilación oxidativa (10,11).

Algunas coenzimas que intervienen en los sistemas de defensa antioxidante son: nicotinamida adenindinucleótido (NAD) y nicotinamida adenindinucleótido fosfato (NADP); flavinadenindinucleótido (FAD) y flavinadeninmononucleótido (FMN), coenzima Q y grupos hemínicos del citocromo (5,10,12).

## **2. Antioxidantes no enzimáticos**

Los antioxidantes hidrosolubles (glutatión, ácido úrico y vitamina C, niacina, riboflavina), y los liposolubles (beta-carotenos, vitamina E) también protegen al organismo contra el ataque de los radicales libres (4).

Las sustancias con actividad atrapadora de radicales libres tienen relevancia en la prevención y terapéutica de enfermedades en las cuales la oxidación o radicales libres están implicados (13,14).

a) Alfa-tocoferol – Vitamina E es el nombre colectivo de ocho compuestos que se encuentran en la naturaleza como tocoferoles y tocotrienoles, de los cuales el que tiene mayor acción biológica es el alfa-tocoferol. Es un antioxidante liposoluble presente en todas las membranas celulares, protegiendo los lípidos de la peroxidación. Brinda protección al doble enlace conjugado del beta-caroteno. Es el mayor sistema de defensa de las biomembranas frente a la peroxidación lipídica. Al reaccionar con un radical libre, la molécula de tocoferol se convierte en radical tocoferosil, que puede ser reducido de nuevo a tocoferol por la vitamina C y el glutatión (6,11,15).

Los tocoferoles se derivan de productos vegetales. La principal fuente la constituyen los aceites vegetales, hojas verdes y el germen de trigo (2).

b) Vitamina C – Esta vitamina esta involucrada en una gran cantidad de procesos biológicos, muchos de los cuales dependen de su actividad reductora o antioxidante (4,6).

Es una sustancia hidrosoluble considerada uno de los más importantes antioxidantes en fluidos extracelulares. La vitamina C tiene la capacidad de regenerar vitamina E a partir del radical alfa-tocoferol.

La vitamina C bloquea la formación de las nitrosaminas carcinogénicas, protegiendo contra las reacciones entre los nitritos agregados a ciertos alimentos y las aminas contenidas en forma natural en la dieta (4,16). La vitamina C se encuentra en verduras y frutas, tales como coliflor, espinaca, chile pimiento, ajonjolí, brócoli, cítricos, piña y guayaba (2).

c) Ácido fólico – Sustancia necesaria para la síntesis de timidina. La deficiencia de folato produce rupturas cromosómicas. El ácido tetrahidrofólico (FH<sub>4</sub>) es la forma metabólicamente activa del ácido fólico y

transporta fragmentos moleculares con un átomo de un compuesto a otro, la cual es la reacción esencial para la síntesis de ácidos nucleicos y el metabolismo de varios aminoácidos (10,12).

Aunque la fibra de la dieta desempeña un efecto protector frente al cáncer de colon, pruebas recientes indican que el responsable de la reducción del riesgo podría ser el ácido fólico (17,18).

Los folatos se encuentran en las hojas de color verde oscuro, leguminosas de grano, maní y varias frutas (2).

d) Niacina – Descriptivo genérico del ácido nicotínico y sus derivados que poseen actividad biológica cualitativa de nicotinamida. El ácido nicotínico y las nicotinamidas participan en la síntesis de las coenzimas NAD y NADP, que actúan como aceptores o donantes de electrones en reacciones redox. Las fuentes de niacina son la carne, el pescado, las leguminosas de grano y los cereales (2,19).

e) Riboflavina – Tiene potente actividad antioxidante que procede de su función como precursora de FMN y FAD. La deficiencia de riboflavina se asocia con un aumento de la peroxidación lipídica.

La riboflavina se encuentra en las verduras y hojas verdes como brócoli, espárragos y espinacas (2,20).

f) Carotenoides – Constituyen una importante clase de pigmentos naturales liposolubles. Existen alrededor de 500 carotenoides sintetizados por las plantas, pero de todos ellos aproximadamente 50 son precursores de vitamina A. Entre los carotenoides están: alfa, beta y gama-carotenos, luteína, licopeno, zeaxantina, fitoeno, fitoflueno, astaxantina, cantaxantina, violaxantina, etc. Se les atribuye efectos antitumorales y fotoprotectores en el organismo (7,11,21).

El beta-caroteno es un efectivo antioxidante y esta función en el organismo es independiente de la actividad de provitamina A. Es uno de los más potentes desactivadores del oxígeno singulete. Se ha presentado evidencia que la eficiencia antioxidante del beta-caroteno es marcadamente elevada cuando la presión del oxígeno es baja. Estudios recientes sugieren que los carotenoides, conocidos anteriormente sólo como precursores del retinol, tienen la capacidad de atrapar radicales libres, lo cual depende del número de dobles enlaces conjugados que posee (11,17,22,23,24).

### **3. Fitoquímicos**

Otro tipo de antioxidantes lo constituyen los fitoquímicos, algunos de los cuales se han relacionado con la protección contra enfermedades degenerativas, cáncer, cardiopatías y otras enfermedades. Los fitoquímicos se encuentran en vegetales, y tienen un potencial favorable para prevenir el cáncer (3,25).

Los fitoquímicos son sustancias biológicamente activas, responsables de proporcionar color, sabor y resistencia natural a los vegetales contra diversas enfermedades.

Algunos de ellos también reciben el nombre de componentes “anti-nutritivos” de los alimentos, pero investigaciones recientes han demostrado que poseen propiedades antioxidantes. Aún falta mucho por descubrir acerca de la acción e identidad de éstas sustancias. La mayoría de estos estudios han sido realizados “in vitro” o en animales de experimentación (3,25,26).

Entre las propiedades benéficas de los fitoquímicos están: protección contra lesiones celulares y subcelulares, inhibición del crecimiento de tumores, activación de los sistemas de detoxificación hepáticos y bloqueo de las vías metabólicas que pueden ocasionar carcinogénesis (7,27).

Entre algunos fitoquímicos que han sido investigados se encuentran:

a) Compuestos fenólicos y flavonoides – Los compuestos fenólicos inhiben la peroxidación lipídica y las lipooxigenasas vegetales “in vitro”. Los compuestos fenólicos poseen la propiedad de quelar metales y atrapar radicales libres. Dentro de este grupo se encuentran los flavonoides, los cuales se caracterizan por tener varios grupos oxhidrilos, y están ampliamente distribuidos en las plantas (18, 26).

Entre los flavonoides se encuentran las antocianinas, antoxantinas (que incluyen a las flavonas, flavonoles y flavononas) y las pro o leucoantocianinas que comprenden a la mayoría de taninos (22,28,29).

Una serie de compuestos fenólicos participan en el proceso de encafecimiento enzimático de los vegetales, tales como: quercitina, catequinas y sus derivados: tirosina, ácido caféico, ácido clorogénico y los aglicones de ciertos flavonoides, de los cuales se ha investigado que el ácido clorogénico y ácido p-cumárico interfieren en enlaces químicos generadores de moléculas carcinógenas (3,7,29,30).

Compuestos fenólicos como el resveratrol, quercitina y catequina están relacionados con la disminución de los niveles de LDL y están ligados a la reducción de cáncer de mama. Estos se encuentran en altas concentraciones en la piel de uva, en semillas y tallo de esta misma planta (3,7).

Muchos de los compuestos fenólicos están siendo considerados como posibles aditivos alimentarios antioxidantes (18).

b) Fitoestrógenos – Entre los fitoestrógenos predominantes en las plantas se encuentran los lignanos y las isoflavonas. Los lignanos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas y las isoflavonas principalmente en las leguminosas.



Los lignanos débilmente estrogénicos podrían reducir el riesgo de cáncer de mama. Las isoflavonas son antioxidantes que protegen las células huésped de la planta. Algunos de éstos compuestos son: genisteína, diadzeína, gliciteína, biocanina A, formononetina, que se encuentran en la soya, el trébol, alfalfa, centeno y linaza entre otros (17, 21, 31).

c) Saponinas – Sustancias que existen en los vegetales y posiblemente previenen la multiplicación de células cancerosas (7,25).

d) Glutación – Gamma glutamil-cisteinil-glicina, un tripéptido, comúnmente llamado glutación. Esta distribuido en plantas, animales y bacterias, y probablemente es el péptido simple más abundante. La función fisiológica más conocida es su participación en la protección de proteína, actuando sobre agentes oxidantes dañinos que de otra manera oxidarían los grupos **sh-** de las proteínas.

El glutación reducido reacciona con cualquier agente oxidante, y de esta manera, la proteína no se modifica estructuralmente, sino el glutación, el cual puede ser regenerado por medio de algún otro proceso para mantener su nivel óptimo (12,32).

e) Isoflavonoides, lactonas y cumestanos – Compuestos difenólicos con actividad estrogénica débil y con efectos biológicos importantes en la prevención de varias enfermedades. Se encuentran en las plantas e inhiben la formación y crecimiento de ciertos tumores.

El consumo de isoflavonoides se relaciona con la reducción en la concentración plasmática de lipoproteínas de baja y muy baja densidad, también se relaciona con la reducción del riesgo de cáncer de mama (7,21).

f) Compuestos de indol – Inhiben la carcinogénesis química por inducción de las enzimas detoxificantes del hígado.

Algunas plantas crucíferas contienen grupos indol (7,26).

g) Compuestos de azufre (sulfas y alilsulfitos) – Inactivan moléculas carcinógenas (7,3).

h) Acido fítico – Fosfato de inositol, es abundante en cereales y leguminosas. Quela cationes divalentes (Cu, Zn, Co, Mn, Fe y Ca), formando complejos que disminuyen la biodisponibilidad de estos nutrimentos. Tiene propiedades antioxidantes y antimutagénicas (3,21).

En la tabla 1 se muestran algunos fotoquímicos, sus fuentes y acciones.

**Tabla 1.**  
**Fotoquímicos, fuentes y acciones.**

<b>FUENTE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>ACCION</b>
Frutas y verduras pigmentadas (zanahorias, espinaca, brócoli, calabaza, etc.)	Carotenoides	Actúa como antioxidante, reduce el riesgo de cáncer.
Frutas Cítricas	Limonene, fenoles	Facilita la excreción de células cancerígenas.
Ajo/ cebolla	Alilsulfitos	Facilita la excreción de células cancerígenas.
Brócoli, coliflor, coles de Bruselas	Sulfas	Protege contra el cáncer
Uvas	Acido eláxico	Debilita células cancerígenas
Soya/leguminosas	Inhibidores de proteasa, fitoesteroles, isoflavonas, saponinas	Suprime la producción enzimática en células cancerígenas, retrasando el crecimiento tumoral en colon, ovario, mama y próstata.
Frutas (zarzamoras, ciruelas, uvas), avena y soya	Acido caféico	Facilita la excreción de células cancerígenas
Granos	Acido fítico	Une minerales, evitando la formación de radicales libres.
Frutas, verduras, té, vino, orégano	Flavonoides	Actúa como antioxidante, previene el cáncer

**Fuente: SOYA NOTICIAS. Importancia de los antioxidantes. México 1999.**

#### **4. Estudios anteriores sobre capacidad antioxidante**

La inhibición de los procesos de oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en tejidos lipídicos ha cobrado mucha importancia, ya que los radicales libres y productos de la peroxidación pueden estar implicados en la acción tóxica de muchos químicos y agentes ambientales, y conectados con eventos patológicos como enfermedades del corazón, envejecimiento y cáncer. Se han llevado a cabo mediciones de la capacidad antioxidante en plantas medicinales, alimenticias y ornamentales; por ejemplo *tinospora cordifolia* (planta nativa de la India) que es utilizada como tónico vitalizador y controlador de desórdenes metabólicos. La actividad del extracto de estas raíces ha sido evaluada en ratas diabéticas aloxantes, dando como resultado el incremento de los niveles en plasma, de glutatión y vitamina C, demostrando una propiedad antiperoxidativa y antioxidante en diabetes aloxante (17,32).

También se han evaluado mezclas de hierbas sobre la actividad de lipogenasa y peroxidación lipídica, como es el caso de *Student rasayana*, mezcla de hierbas utilizada por la medicina Ayurvédica y de la cual se ha reportado que aumenta la inteligencia en niños. Se ha sugerido que esta mezcla protege al cerebro del daño de los radicales libres. Su composición química incluye ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina, flavonoides, beta-caroteno, triterpenos, sitosterol, ácido centeliaco, aceite valeriánico, resina líquida, glucósidos, aceite esencial, alcaloides saucesina y somniferina, taninos, inulina, zarcasapogenina, saponinas y embelinas. Se determinó su capacidad antioxidante y compuestos fenólicos, ya que la actividad antioxidante natural de la mezcla es afín al carácter polifenólico de las hierbas (33).

Recientes investigaciones caracterizaron las propiedades antioxidantes de extractos de diversos materiales vegetales y la identificación de los compuestos responsables de esas actividades. *Thymus zizis* (especie de tomillo cultivado en la India) que usualmente es utilizada como especia y planta medicinal, se analizó con difenilpicrilhidrazilo (DPPH) y mostró una capacidad general de atrapar radicales libres (13).

Se han hecho estudios sobre los efectos antioxidantes de la droga anti-inflamatoria ácido 5-aminosalicílico en sinergismo con el alfa-tocoferol, lo cual se ha considerado de importancia en el tratamiento de las enfermedades inflamatorias del intestino (34).

Las hojas de algunas plantas de jardín tal como *Pelargonium* sp. (geraniaceae), demostraron su capacidad antioxidante en correlación a su alto contenido de alfa-tocoferol (35).

### **C. METODOLOGÍAS PARA DETERMINAR CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Recientemente, se han llevado a cabo investigaciones intensivas para caracterizar la propiedad antioxidante de los extractos de varios materiales vegetales, con el propósito de aislar e identificar compuestos responsables de estas actividades. Entre estos compuestos, los flavonoides, ubicuamente distribuidos en las plantas, han sido objeto de varios estudios acerca de sus capacidades antioxidantes (13).

Entre los métodos que existen para determinar la capacidad antioxidante están: oxidación de dienos conjugados y peroxidación de los lípidos en las membranas; estos dos métodos han sido utilizados en tejidos animales.

También se han ensayado métodos en materia vegetal, tales como: medición de grupos fenólicos, método de Taga-Chevolleau, método que utiliza  $\alpha,\alpha$ -difetil- $\beta$ -picrilhidrazilo (DPPH), y algunos métodos que cuantifican vitaminas antioxidantes como el método HPLC y el método de titulación de Jonson E.

a) Utilización de difetilpicrilhidrazilo (**DPPH**) – El difetilpicrilhidrazilo es un radical libre estable que puede aceptar un electrón o un radical de hidrógeno y volverse una molécula diamagnética estable. Al reaccionar DPPH con agentes reductores adecuados, su electrón se enlaza y la solución pierde color estequiométricamente a 517 nm. Tal reactividad ha sido ampliamente utilizada para evaluar tanto la capacidad de varias moléculas de actuar como recolectoras de radicales libres y la actividad antioxidante de extractos vegetales. La actividad se expresa en términos de la concentración de inhibición al 50% (IC), por ejemplo la cantidad del extracto o de la materia vegetal requerida para dar un cincuenta por ciento de disminución en la absorbancia en comparación con la solución blanco (13).

b) Medición de grupos fenoles – Los grupos fenólicos son determinados espectrométricamente a 700 nm en base al método de Barnes y colaboradores, en el que se utiliza una reacción colorimétrica con el reactivo de Folin-ciocalteu, una solución de carbonato de sodio al 10% y utilizando ácido gálico como estándar. El contenido de fenoles es calculado en equivalentes de ácido gálico y comparado con una curva estándar del mismo (13,17).

c) Oxidación de dienos conjugados – El ácido cis-parinárico (ácido 9,11,13,15-octadecatetraenóico, PnA) es un ácido graso poliinsaturado natural que puede ser aislado de ciertas especies vegetales.

Diferentes a otros tipos de lípidos fluorescentes análogos, la estructura del ácido cis-parinárico se asemeja mucho a los ácidos grasos endógenos de las membranas titulares animales. Por lo tanto causa solo disturbios mínimos en la matriz lipídica y por esta razón ha sido muy útil como una sonda para estudiar las transiciones en la fase lipídica, transporte de lípidos y otras reacciones lípido-lípido y lípido-proteína. La susceptibilidad oxidativa del PnA viene de un sistema de cuatro dobles enlaces conjugados. La naturaleza conjugada de este sistema de dobles enlaces distingue al PnA de los ácidos grasos poliinsaturados endógenos, los cuales son susceptibles a la oxidación pero no son fluorescentes, debido a que los dobles enlaces están separados por grupos metileno. Se requiere un sistema intacto de cuatro dobles enlaces conjugados para la fluorescencia del PnA como una sonda para los procesos de oxidación de lípidos inducida por radicales peroxilo (33).

d) Peroxidación de lípidos en las membranas inducida por Fe II/ ascorbato – El hierro como un metal de transición es de particular interés como catalítico de la peroxidación de lípidos. Tiene su propia relevancia biológica y habilidad de reaccionar con oxígeno para formar especies capaces de iniciar eventos peroxidativos o de reaccionar directamente con peróxidos de lípidos previamente formados, propagando de esta manera la reacción. Algunos extractos vegetales protegen a las membranas contra la peroxidación lipídica inducida por el hierro. El hierro como iniciador de la peroxidación de lípidos en la membrana descompone preferentemente hidroperóxidos preformados, por lo que la protección que ejerce el extracto ha sido atribuida parcialmente a un mecanismo de enlace con el hierro, lo que disminuye la concentración del metal libre.

La protección de las membranas de algunos flavonoides ha sido referencia a este mecanismo (17,33).

e) Método Taga-Chevolleau – Este método determina la habilidad de los extractos de las plantas en decrecer las pérdidas oxidativas

del beta-caroteno en una emulsión de beta-caroteno y ácido linoléico, después de lo cual se lee a una absorbancia de 470 nm en intervalos regulares hasta completar la decoloración de la muestra control, en un tiempo total de 120 minutos, donde el coeficiente de actividad antioxidante se establece en un rango de 0 – 1000 (23).

f) Método de Johnson E, para cuantificar vitamina C – Una solución o extracto acuoso acidificado que contenga ácido ascórbico (vitamina C), se titula con el agente oxidante N-bromosuccinamida (NBS), en presencia de una mezcla de almidón-yoduro. La NBS oxida cuantitativamente a la vitamina; cuando toda la vitamina C presente ha sido oxidada, la NBS agregada en exceso oxida al I<sup>-</sup> a I<sub>3</sub><sup>-</sup>, el cual forma un complejo azul-violeta con el almidón; el aparecimiento de este color indica el final de la titulación. La cantidad de NBS necesaria para virar el color de la mezcla titulada indica la cantidad de vitamina C presente (36,37).

g) Cromatografía líquida de alta presión (HPLC) – Es un método de separación de dos fases, una sólida y una estacionaria; una líquida y móvil. El material para análisis se extrae con solventes apropiados y se inyecta a presión dentro de las columnas de diámetro angosto. El solvente pasa por un detector que mide una propiedad específica de la solución que está pasando, tal como su naturaleza química, fluorescencia o absorbancia.



Estas son registradas en una tira de papel o monitor electrónico, en forma de picos, los cuales pueden ser medidos manualmente o por computadora. Es un método rápido, reproducible y cuantitativamente sensible para el análisis de carotenos, vitamina C y muchos más componentes que pueden ser identificados por sus tiempos de retención y la cuantificación se realiza comparando las áreas o alturas de los pico problema con los valores que se obtienen del análisis patrón (12,38,39,40,41).

#### **D. PLANTAS COMESTIBLES DEL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.**

Guatemala es un país muy rico en vegetales comestibles. Numerosas plantas crecen a campo abierto, selvas y bosques, los cuales son aprovechados por el hombre, por su valor alimenticio o por ser fuente de vitaminas u otras sustancias importantes para la vida. El patrimonio natural alimentario de Guatemala es verdaderamente de una riqueza particular (42).

El departamento de Chiquimula pertenece a la región semi-árida nor-oriental del país, donde existen especies vegetales alimenticias que ayudan a la nutrición del hombre a través de sus frutos, tallos, hojas, flores, raíces y semillas (43).

El documento “Plantas de la región de Chiquimula” EZRA TAFT Benson-Cunori (44) enlista una variedad de plantas cuyo uso es alimenticio y/o medicinal; pero aún quedan muchas que se desconocen. Entre las plantas comestibles de la región se encuentran las siguientes:

a) Bledo. *Amaranthus* spp. Su forma de consumo es en sopas, dulces, tostado y cocido.

b) Chatate. *Cnidoscolus aconitifolius*. Sus hojas tiernas se usan para consumo humano, cocida o en caldo.

c) Chipilín. *Crotolaria longirostrata* H&A. Se come cocidos el brote y las hojas tiernas.

d) Hierba mora. *Solanum americanum* M. Las hojas se consumen en caldos y frituras.

e) Izote. *Yuca elephantipes* Regel. La parte comestible del Izote son las flores y los cogollos tiernos.

f) Loroco. *Fernaldia pandurata* Woodson. Las flores son comestibles.

g) Malanga. *Colocaccia esculenta* S. Los cormos cocidos se utilizan en sopas vegetales o simplemente cocidos.

h) Palma. *Sabal mexicana* M. La inflorescencia inmadura encerrada en la espata, llamada pacaya, es comestible, igualmente el corazón del tallo –palmito-.

i) Piñuela. *Bromelia pinguin* L. La inflorescencia tierna es llamada “muta” y es comestible.

j) Pito. *Erythrina berteroana* Urban. Los brotes tiernos se usan en tortas, sopas, guisos y estofados. Los brotes florales son consumidos como verduras (44).

Recientemente Quintanilla, E.M. (45), realizó el estudio etnobotánico y nutricional de plantas comestibles que crecen silvestres en el departamento de Chiquimula, en el que encontró siete especies comestibles, las cuales se describen a continuación:

a) Verbena. *Solanum molinarum*. Se consume las hojas, cogollo y fruto. Se encuentra en Xororaguá, Chiquimula.

La forma de preparación de las hojas y cogollos es en caldo, y el fruto se come asado.

b) Gamuza o quilete blanco. *Liabum vagans*. Se encuentra en “El Palmar”, Chiquimula. La parte de la planta que se consume es el cogollo y las hojas. Las formas de preparación son en caldo y sudada en el comal. Según la Flora de Guatemala, existen alrededor de 100 especies en la parte tropical de América, y Guatemala cuenta con 12 especies.

c) Kela. *Phytolacca icosandra* L. Se encuentra en “La Cañada”, Concepción Las Minas, Chiquimula. Las partes que se consumen son las hojas y el cogollo. La preparan en caldo y guisada con huevo.

Según la Flora de Guatemala es llamada “calaloo” y “cola de escorpión” en el país de Honduras. El nombre maya utilizado en Yucatán es “telcox” o “telcocox”. A lo largo de la costa atlántica en América central, las hojas son preparadas en estofado de hierbas, lo que también se ha visto en regiones montañosas de Guatemala (46).

d) Chijuilote. *Chamaedorea* sp. Específicamente no se conoce su nombre científico. Se encuentra en “La Cañada”, Concepción Las Minas, Chiquimula. La parte que se consume es el corazón de la planta. Tiene forma de una pacaya grande y se come asada. Según la Flora de Guatemala, del género *Chamaedorea* existen alrededor de 100 especies. El nombre que se utiliza en Guatemala es “pacaya”, aplicado a la parte comestible, y “pacayo” a la planta en general. La parte comestible consiste en espádices blancos o blanquecinos guardados en una cuidadosa vaina y tiene un sabor amargo agradable. Se constituye por ser un vegetal muy popular. Otros nombres que recibe son “capuca”, “chichicuilote”, “bojón” y “molenillo” (46).

e) Pie de paloma. *Boerhaavia erecta*. Se encuentra en “Vega arriba”, Chiquimula. Se prepara cocida y guisada con huevo.

Comúnmente cultivada en tierra caliente de Guatemala y Centro América. Según la Flora de Guatemala, los nombres mayas reportados para esta planta son: “xaacil”, “zacxiu”, “zaciunthul” y “xacilsaxiu”. El nombre en castellano para esta planta es “hierba blanca”. En El Salvador las especies son algunas veces llamadas “escorian” y “golondrina”. Las hojas de esta planta se consumen como si fueran espinacas (46).

f) Tronquil. *Acalypha guatemalensis*. Se encuentra en “El Palmar”, Chiquimula. La parte de la planta que se consume es la hoja y el cogollo. Se prepara en caldo y también con caldo de frijol. Sólo está disponible en invierno. Tiene otros nombres populares tales como “hierba del cáncer”, “Ccul”, “corrimiento”, “gusanillo” y “sajoi”. Esta planta también se reporta como planta medicinal. Las hojas de esta planta contienen alcaloides, taninos y polifenoles entre otros. Esta planta es nativa en Guatemala y Honduras (47).

g) Hato. *Peperomia clavigera* Standl. Se encuentra en “La Cañada”, Concepción Las Minas. La parte comestible de la planta son las hojas y el tallo. Se prepara en caldo, se utiliza como ingrediente, y también puede consumirse cruda.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Los vegetales son fuente importante de vitaminas, minerales y sustancias antioxidantes. Estos antioxidantes neutralizan la acción de los radicales libres, sin perder su estabilidad. Se ha sugerido que una ingesta adecuada de estas sustancias disminuye el riesgo de padecer de enfermedades crónicas y degenerativas.

En el departamento de Chiquimula se han identificado algunas plantas comestibles que crecen silvestres y son parte importante de la dieta. Se desconocen sus propiedades antioxidantes, por lo cual conocer su capacidad antioxidante permitirá aumentar el valor de las mismas como parte de una dieta saludable.

## IV. OBJETIVOS

### A. General

Estudiar desde el punto de vista nutricional y funcional, las plantas comestibles silvestres que se encuentran en el departamento de Chiquimula.

### B. Específicos

1. Determinar la capacidad antioxidante total por medio del reactivo  $\alpha,\alpha$ -difeníl- $\beta$ -picrilhidrazilo (DPPH) de seis plantas comestibles que crecen silvestres en el departamento de Chiquimula, en forma cruda.

2. Determinar la capacidad antioxidante por medio del contenido de fenoles totales en seis plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en forma cruda.

3. Determinar la capacidad antioxidante por medio de la cuantificación de vitamina C en seis plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en forma cruda.

4. Determinar la capacidad antioxidante por medio de la cuantificación de alfa y beta-caroteno en seis plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en forma cruda.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### UNIVERSO

El universo estuvo formado por las plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula.

### MUESTRA

La muestra estuvo conformada por las siguientes plantas: verbena (*Solanum molinarum*), gamuza o quilete blanco (*Liabum vagans*), kela (*Phytolacca icosandra* L.), chijuilote (*Chamaedoreas* sp.), pie de paloma (*Boerhaavia erecta*) y ható (*Peperomia clavigera* Standl).

### MATERIALES

#### 1. Instrumentos

a) Para el registro de datos de la capacidad antioxidante total y contenido fenólico en plantas crudas (Anexo No. 1)

b) Para el registro de datos del contenido de vitamina “C” en plantas crudas (Anexo No. 2).

c) Para el registro de datos del contenido de carotenos en plantas crudas (Anexo No. 3).

#### 2. Recursos Físicos

El equipo y material de laboratorio fueron proporcionados por el laboratorio de Bioquímica de la Escuela de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad San Carlos de Guatemala –USAC.

El equipo que se utilizó se detalla en los anexos No. 4, 5, y 6.

### 3. **Reactivos**

Los reactivos que se utilizaron se describen en los anexos No. 4, 5, y 6.

## **METODOLOGÍA**

### 1. **Para la selección de las plantas a analizar**

La selección de las plantas se hizo en base a lo reportado por Quintanilla, E.M. (45)

### 2. **Para la obtención de las muestras**

Las muestras fueron obtenidas en las regiones de Chiquimula donde se reporta que crecen silvestres (45). Las muestras frescas se recolectaron en bolsas plásticas negras en una hielera con hielo a una temperatura aproximadamente de 10 C y se transportaron al día siguiente al Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

### 3. **Para la determinación del número de muestras a analizar**

En base a los recursos disponibles y para dar seguimiento a la investigación iniciada por Quintanilla, se analizaron seis plantas comestibles silvestres, de las cuales se utilizó 500 gramos de cada una en forma cruda. Cada planta se analizó por duplicado en cada una de las determinaciones.

### 4. **Para medir la capacidad antioxidante**

Para medir la capacidad antioxidante total se utilizó el reactivo  $\alpha,\alpha$ -difeníl- $\beta$ -picrilhidrazilo (DPPH). Se determinaron compuestos



fenólicos totales con el método adaptado por Caballeros, K (48), lo cual se describe en el anexo No. 4.

#### **5. Para la cuantificación de vitamina C**

Para la cuantificación de vitamina C se utilizó cromatografía líquida de alta presión (HPLC), utilizando el método adaptado por Barahona y colaboradores (49), que se describe en el anexo No. 5.

#### **6. Para la cuantificación de carotenos**

Para la cuantificación de carotenos se utilizó cromatografía líquida de alta presión, utilizando el método que se describe en el anexo No. 6.

#### **7. Para la presentación de resultados**

La presentación de resultados se hizo en materia fresca y materia seca. Todos los valores de las determinaciones realizadas en este estudio se obtuvieron a partir de materia fresca. Para trasladar los datos a materia seca, los cálculos se hicieron en base al peso seco de cada una de las plantas.

##### **a) Capacidad antioxidante**

i. La capacidad antioxidante total. Esta se presentó como la cantidad en mg capaz de reducir en un 50% la coloración de la solución de DPPH en las condiciones descritas. A este valor se le llamó IC<sub>50</sub>. Mientras este valor sea menor, significa mayor capacidad antioxidante.

ii. Contenido de fenoles totales. Se utilizó ácido gálico como estándar. Usando una curva patrón se calculó la concentración de compuestos fenólicos y los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico.

b) Contenido de vitamina C. El contenido de vitamina C se expresó como mg de ácido ascórbico en 100 gramos de la planta. Los cálculos se hicieron en base a la curva patrón del estándar utilizado.

c) Contenido de carotenos. El contenido de alfa y beta-caroteno se expresó como microgramos (mcg) de equivalentes de retinol (ER). Los cálculos se hicieron en base a las curvas patrón de los estándares utilizados.

## VI. RESULTADOS

Se analizaron seis plantas cuyas partes comestibles incluyeron: cogollos, hojas, frutos y el centro de un tallo. Las muestras analizadas fueron siete, ya que de una planta se analizó tanto el fruto como la hoja y cogollos.

Las determinaciones se realizaron en crudo y los resultados se presentan en base de materia fresca y seca, en la tabla 1 y 2, respectivamente.

En la tabla 2 se muestran los datos en base de **materia fresca**. La mayor actividad antioxidante total y contenido de fenoles totales, los presentan: gamuza ( $IC_{50} = 2.6$  mg, 3.5 mg equivalentes Ac gálico/g), pie de paloma ( $IC_{50} = 12.1$  mg, 3.3 mg equivalentes Ac gálico/g), y hato ( $IC_{50} = 14.8$  mg, 1.0 mg equivalentes de Ac gálico/g). La menor actividad antioxidante y contenido fenólico lo reportó chijuilote ( $IC_{50} = 114.0$  mg, 0.1 mg equivalentes Ac gálico/g); este mismo vegetal mostró el mayor contenido de vitamina C (370 mg de ácido ascórbico/100g).

Las muestras que reportaron mayor contenido de carotenos son: gamuza (1987 mcg ER/100g), pie de paloma (1430 mcg ER/100g) y hato (562 mcg ER/100g).

Al calcular los valores en base de **materia vegetal seca**, se observan valores más elevados debido a la eliminación de la humedad. Los resultados se muestran en la tabla 3.

En base de materia seca las muestras que presentan mayor actividad antioxidante total, contenido de fenoles totales y carotenos son:

hato ( $IC_{50} = 0.7$  mg, 20.5 mg equivalentes de Ac gálico/g, 10774 mcg ER/100g), gamuza ( $IC_{50} = 0.9$  mg, 9.6 mg equivalentes de Ac gálico/g, 4927

mcg ER/100g) y pie de paloma ( $IC_{50} = 2.6$  mg, 15.5 mg equivalentes Ac gálico/g, 6957 mcg ER/100g). Los valores de actividad antioxidante total, fenoles totales y carotenos correspondientes a chijuilote son los menores. En relación al contenido de vitamina C, chijuilote presenta el mayor contenido.





## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tema de investigación iniciado por Quintanilla (45) en el año 2001 se complementó con el presente estudio, en el cual se determinó capacidad antioxidante total, contenido de fenoles, contenido de vitamina C y carotenos, en seis plantas comestibles silvestres que crecen en el departamento de Chiquimula.

Para la recolección de muestras se visitaron las comunidades con el apoyo de personas que laboran en el Centro de Salud de Chiquimula y Puesto de Salud “La Ermita”, Concepción Las Minas, Chiquimula. Algunos pobladores de los lugares facilitaron la búsqueda de muestras, ya que conocían el lugar específico donde crecen las plantas, especialmente en potreros y cercos vivos. El ható, kela y chijuilote fueron recolectados en “La Cañada”, Concepción Las Minas. En Shororaguá, Vega Arriba y El Palmar se recolectaron las muestras de verbena, pie de paloma y gamuza respectivamente.

Al momento de analizar las muestras se observó la misma turgencia y color que presentaban cuando se cortaron en el campo, por lo que se considera que la composición de las plantas no había sufrido variaciones considerables por pérdida de humedad.

De las muestras crudas en fresco se prepararon duplicados y de los extractos se prepararon triplicados, por lo que los valores reportados en este informe constituyen el promedio de seis determinaciones. Además, con una alícuota de la muestra se determinó el peso seco por triplicado, para trasladar los valores de las determinaciones en materia fresca a valores en base seca.

Para evitar pérdidas en las determinaciones de los componentes antioxidantes, las muestras fueron analizadas inmediatamente después de la recolección. Sin embargo el contenido de vitamina C y carotenos pudo verse afectado ya que, por falta de instalación del sistema HPLC y las columnas cromatográficas correspondientes, los extractos para determinar vitamina C se almacenaron a temperatura de refrigeración durante seis meses, y los extractos de carotenos desecados bajo atmósfera de nitrógeno, estuvieron en congelación ocho meses.

Los métodos utilizados en este estudio se encontraban ya implementados en el Departamento de Bioquímica, donde se realizó esta investigación, por lo que los resultados obtenidos se consideran comparables con otros realizados anteriormente utilizando las mismas metodologías.

**a) Datos en materia fresca.** En general, los vegetales estudiados que presentaron la mayor actividad antioxidante total (menor  $IC_{50}$ ), también poseen los mayores contenidos de fenoles totales y carotenos. Esta tendencia no se marcó con la vitamina C. Esto es congruente con lo que indica la literatura (11, 48, 50), respecto a que las hojas de color verde intenso contienen compuestos polifenólicos y carotenos. Lo anterior permite suponer que la capacidad antioxidante de los vegetales estudiados está asociada principalmente con el contenido de fenoles totales y carotenos más que con el de vitamina C.

**b) Datos en base de materia seca.** Como era de esperarse, los valores de todos los parámetros analizados expresados en base seca, son más altos que los respectivos valores en base fresca debido a la eliminación de agua. Al comparar los resultados de capacidad antioxidante en materia



seca con datos de estudios previos (48), se observa que las plantas analizadas, a excepción del chijuilote, tienen mayor actividad antioxidante que frutos como la papaya ( $IC_{50} = 5.7$  mg) y el zapote ( $IC_{50} = 6.9$  mg); las hojas de hato y gamuza presentan mayor actividad antioxidante que la uva negra con cáscara ( $IC_{50} = 1.1$  mg), que es uno de los que se considera que posee grandes cantidades de antioxidantes. Hato y gamuza presenta valores de actividad antioxidante parecidos a las de hojas de chipilín ( $IC_{50} = 0.68$  mg), chomtee ( $IC_{50} = 0.89$  mg), quilete ( $IC_{50} = 0.96$  mg) y barba de San Nicolás ( $IC_{50} = 0.94$  mg) (50).

En relación al contenido de vitamina C, se observó que el chijuilote fresco presenta valores mayores de ácido ascórbico (370 mg) que la guayaba entera (218 mg) y similares a la flor de izote (393 mg) (51).

En cuanto al contenido de carotenos, se observa que predominan los beta-caroteno en las muestras analizadas, lo cual se relaciona con el color verde intenso de los cogollos y hojas especialmente en pie de paloma, gamuza, kela, hato y verbena. La gamuza sobresale por su contenido de carotenos especialmente, beta-caroteno, que es mayor al reportado en las hojas de rábano (1645 mcg ER) (51). También pie de paloma (1431 mcg ER) tiene un contenido parecido al del bledo (1600 mcg ER) y al berro (1105 mcg ER) (52).

Es relevante el hecho de que el chijuilote, que posee apreciable contenido de vitamina C, se consume crudo acompañado con sal y limón (45), lo que causa poca pérdida de ese nutriente por destrucción térmica. La misma forma de consumo se usa para hato y fruto de verbena, lo que resulta beneficioso porque evita que sus compuestos antioxidantes y fenólicos se pierdan en el agua de cocción. En relación a las plantas que se consumen cocidas (45) como el pie de paloma, gamuza, hojas de verbena y kela, la literatura reporta

que en vegetales sometidos a cocción, una alta porción de compuestos con capacidad antioxidante pasa al agua de cocción, por lo cual es importante consumir ésta ya sea como parte de la preparación o reutilizarla para preparar otros alimentos (50).

En general, se observa que de las partes comestibles analizadas, las hojas tienen mayor actividad antioxidante total (menores  $IC_{50}$ ), que los frutos y el centro del tallo.

Los resultados de las determinaciones obtenidas muestran la gran importancia de revalorizar el consumo de plantas comestibles que crecen silvestres, por sus características nutricionales y funcionales.

## VIII. CONCLUSIONES

**A.** Se estudiaron las siguientes plantas comestibles que crecen silvestres en el departamento de Chiquimula: pie de paloma, kela, hato, gamuza, chijuilote, el fruto y la hoja de verbena.

**B.** La mayor capacidad antioxidante total y contenido de fenoles determinados en la muestra cruda en base de materia fresca se encontró en gamuza (*Liabum vagans*).

**C.** La mayor capacidad antioxidante total y contenido de fenoles determinados en la muestra cruda en base de materia seca se encontró en hato (*Peperomia clavigera* Standl).

**D.** La muestra con mayor contenido de vitamina C y menor actividad antioxidante total (mayor IC) es chijuilote (*Chamaedorea* sp.), cuya parte comestible es el centro del tallo.

**E.** La planta con mayor contenido de alfa y beta-carotenos es gamuza (*Liabum vagans*).

**F.** Las muestras de hato, gamuza y pie de paloma son las muestras que poseen mayor capacidad antioxidante total, mayor contenido de fenoles totales y de alfa y beta-carotenos.

**G.** Con lo anterior se puede suponer que la actividad antioxidante total está asociada principalmente con el contenido de de fenoles totales y carotenos más que con el de vitamina C.

## **IX. RECOMENDACIONES**

**A.** Determinar la capacidad antioxidante de las plantas estudiadas en preparaciones tradicionales de los lugares donde fueron colectadas, tales como: caldo, guisado y preparadas con huevo.

**B.** Determinar la capacidad antioxidante de otras plantas que son de alto consumo en la población.

**C.** Divulgar la información obtenida en este estudio para contribuir a promover el consumo de estas plantas.

## X. BIBLIOGRAFIA

1. Instituto Nacional de Estadística. Cadesca. Segeplan. Encuesta nacional de consumo aparente de alimentos. Guatemala: 1991. (p.14-18)
2. Torun B, Menchú MT, Elías LG. Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP. Guatemala: INCAP/OPS, 1996. 137p.
3. Braverman V. Importancia de los antioxidantes en la dieta para prevenir enfermedades crónico-degenerativas. Soya Noticias 1999;3:26-29.
4. Roche. Departamento de Nutrición y salud humana. Patología de radicales libres, prevención con y sus vitaminas antioxidantes. Suiza: Roche, 1995. 12p.
5. Blum M. Micronutrientes y Salud; La nutrición y las cataratas relacionadas con la edad. Nutriview 1999; 4:1-4.
6. Roche. Antioxidant Vitamins; Basics. Swizerland: Roche, 1996. 10p.
7. Mendoza R. Antioxidantes biológicos: Enzimas, nutrientes y fitoquímicos. Documento mimeografiado. 4p.
8. Nutrición al día. “Los antioxidantes en la salud”. (en línea). Guatemala. Consultado 02 febrero 2001. Disponible en <http://www.nestle.cl/revistainvierno99/reinv9.htm>
9. López, Juan C. “Antioxidantes y otros fitoquímicos, perspectiva científica actual”. (en línea). Guatemala. Consultado 02 febrero 2001. Disponible en <http://www.avituallamiento.com/quackwatch/ANTIOXIDfito.html>
10. Murray R, et al. Bioquímica de Harper. 14ª. ed. México: Editorial Manual Moderno, 1997. 1021p.

11. Roche. Human nutrition communications. What is beta-carotene? Swizerland: Roche, 1998. 17p.
12. Bohinsky R. Bioquímica. 2ª. ed. México; Addison-Wesley Iberoamericana, 1987. 17p.
13. Soares JR, et al. Antioxidant activities of some extract of *Thymus zizis*. Free. Rad. 1997; 26:469-478.
14. Graat J. Antioxidants; vitamins. Voeding Nu 199; 1:25-27.
15. Sokol J. Vitamina E. p. 139-145. (En Ziegler E. Filer JR. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª. ed. Washintong OPS/ILSI, 1997. 1589p).
16. Halliwell M. Antioxidantes. p. 635-648. (En Ziegler E. Filer JR. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª. ed. Washintong OPS/ILSI, 1997. 1589p).
17. Palozza P, Krinsky N. The inhibition of radical-initiated peroxidation of microsomal lipids by alpha-tocopherol and beta-carotene. Free.Rad. Biol. and Med. 1995; 18: 687-697.
18. Archer MC. Cáncer y dieta. p. 502-508. ( En Ziegler E. Filer JR. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª. ed. Washintong: OPS/ILSI, 1997. 1589p).
19. Jacob R. Niacina. p. 195-200. (En Ziegler E. Filer JR. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª. ed. Washintong: OPS/ILSI, 1997. 1589p):
20. Rivlin R. Riboflavina. p. 177-183. (En Ziegler E. Filer JR. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª. ed. Washintong: OPS/ILSI, 1997. 1589p).
21. Saint Martin BI. Biodisponibilidad de isoflavonoides de Soya y sus implicaciones en la salud. Soya Noticias. 1998; 252:1-4.

22. Charley H. Tecnología de Alimentos; Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. México: Limusa Noriega Editores, 1998. 767p.
23. Bhaskarachary K, et al. Carotene content of some common and less familiar foods of plant origin. Food Chem. 1995; 54:189-192.
24. Rodríguez, Alejandra. “Nutrición, Antioxidantes”. (en línea). Guatemala. Consultado 02 febrero 2001. Disponible en <http://www.farmacia.us.es/bromatología/bromaweb/docu/noticias/not02.htm>
25. “Fitoquímicos y alimentos funcionales”. Posición de la Asociación dietética norteamericana, actualizado noviembre 1999. Disponible en <http://www.clia.org.mx/cliadocs/0999fito.html>
26. Cervera P, Clapes J, Rigoflas R. Alimentación y dietoterapia. 2ª. Ed. Madrid: Interamericana Mac Graw Hill, 1993. 375p.
27. Medina LA: Importancia de los antioxidantes naturales. Soya Noticias. 1994; 238: 7-9.
28. Potter NN: La ciencia de los alimentos. México: Harla, 1978. 370p. (p.538-549)
29. Duckworth RB. Frutas y verduras. Ducar P., trad. Zaragoza, España: Acribia, 1968. 384p. (p. 28-40)
30. Salinas R. Alimentación y Nutrición; Bromatología aplicada a la salud. Buenos Aires: EL Ateneo, 1988. 520p. (p. 127-140)
31. Asociación Americana de la Soya. Métodos de investigación en fitoestrógenos; Química, análisis y propiedades biológicas. Soya Noticias 1998; 255:13-16.

32. Maizen PS, Menon VP. Antioxidant activity of *Tinospora cordifolia* roots in experimental diabetes. *Jor. Ethno. Farmacology*.1999; 65:277-281.
33. Sharma HM, et al. Efect of herbal mixture Student Rasayana on lipoxigenase activity and lipid peroxidation. *Free. Rad. Biol. and Med.* 1995; 18: 687-697.
34. Goncalvez E, Almeida LM, Dinis P. Antioxidant Activity of 5-aminosalicilic Acid againts peroxidation of phosphatidyl cholyne liposomes in the presence of alpha-tocopherol: A sinergistic interacción?. *Free. Rad.* 1998; 29:53-63.
35. Mallet JF, et al. Antioxidant Activity of plant leaves in relation to their alpha-tocopherol content. *Food Chem.* 1994; 49:61-64.
36. Johnson E. Determination of effect of varius modes of cooking on vitamina C content of a common food, green peper. *J. Chem. Educ.* 1998; 65: 929-927.
37. Birch G, Parker K. Vitamin C; Recent aspect of it physiological and technological importance. London: Applied Science Publisher, 1974. 259p.
38. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem.* 1995; 54:101-108.
39. Gartner DM, Restrepo P. Determinación de vitamina A por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE) en bienestarina cruda. *Rev. Colombiana de química.* 1997; 26:26-30.
40. Velásquez R. Seminario Taller: Cuantificación de vitamina A en



- vegetales. Guatemala: Facultad Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, 1995. 21p.
41. Ribaya JD, Haskell MJ. Extendiendo el uso de nuevas tecnologías para la determinación de vitamina A en países no industrializados. CeSSIAM 1997; 8: 1-2.
  42. Villar L. Flora silvestre de Guatemala. Guatemala: Editorial Universitaria, 1997. 27p.
  43. Ronquillo F. Especies vegetales de uso actual y potencial en alimentación y medicina de las zonas semi-áridas del nororiente de Guatemala. Guatemala: USAC, 1989. 249p.
  44. EZRA TAFT Benson. Cunori. Plantas regionales del área de Chiquimula; Descripción y uso. Chiquimula, Guatemala. 1997. 15p.
  45. Quintanilla EM. Estudio etnobotánico y nutricional de plantas comestibles silvestres en el departamento de Chiquimula. Guatemala: USAC (Tesis de graduación, Facultad Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Nutrición) 2001. 66p.
  46. Standley et al. Flora of Guatemala. Chicago Natural Museum. Fieldiana Botany. Chicago, USA 1958-1977. V. 24 parte I,II,III,IV,X,XII.
  47. Cáceres A. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala: Editorial Universitaria, 1996. 402p.
  48. Caballeros K. Optimización de dos métodos para el tamizaje de la actividad antioxidante de extractos vegetales. Guatemala: USAC (Tesis de graduación, Facultad Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Biológica) 2001. 54p.
  49. Barahona A, et al. Actividad antioxidante de frutas autóctonas de

- Guatemala. Resúmenes. XI Congreso Italo-Latianoamericano Di Etnomedicina “Alberto Di Capua”. Roma: 2002; 9.
50. Pinetta C. Capacidad antioxidante en algunas plantas comestibles autóctonas de Guatemala. Guatemala: USAC (Tesis de graduación, Facultad Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Nutrición) 2002.49p.
  51. Menchú M, et al. Tabla de composición de alimentos de Centro América . Primera Sección. Guatemala: OPS/INCAP, 1996.
  52. INCAP-ICNND. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. 1961. (p. 41-49).

## **XI. ANEXOS**







**ANEXO No. 4**  
**DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL Y**  
**CONTENIDO FENÓLICO, MÉTODO ADAPTADO POR**  
**CABALLEROS, K (48)**

**1. Equipo**

a) Equipo mayor

Horno eléctrico de convección, W.H Curtin & Co.

Balanza analítica digital PB303 Delta Range

Agitador magnético Corning Hot plate Stirrer Pc- 351

Vortex Mistral mixer

Potenciometro Fisher Accumet (Scientific Co.)

Baño maría Sargent (Precisión Scientific Co.)

Espectrofotometro Spectronic 21D Milton Roy

Refrigeradora

Desecadora

b) Equipo menor

Erlen meyers de 250 ml con tapón esmerilado

Vidrios de reloj

Beakers

Balones aforados

Probetas

Frascos ambar de vidrio

Pipetas volumétricas

Tubos de ensayo

Macropipeteador

Micropipetas

Magnetos

Pinzas

## 2. Reactivos

Metanol

Nitrógeno gaseoso

Solución tampón de Acetato

$\alpha,\alpha$ -difenil- $\beta$ -picrilhidrazilo (DPPH)

Reactivo Folin- Ciocalteu

Acido Gálico

Carbonato de Sodio

Agua desmineralizada

## 3. Procedimiento

### a) Obtención del material

Pesar 10 gramos de la muestra y agregar 50 ml de metanol, saturar la atmósfera con nitrógeno gaseoso por 30 segundos.

Agitar por dos horas utilizando un agitador magnético y magnetos, protegiendo la muestra de la luz blanca y natural.

Filtrar con embudo y papel filtro.

Repetir las extracciones con fracciones de 25 ml de metanol, agitando una hora, hasta que el extracto salga incoloro.

### b) Determinación del peso seco

Introducir un vidrio de reloj en un horno a 100 C por una hora, retirar y dejar que alcance la temperatura ambiente en una desecadora (aproximadamente 15 minutos), pesar.



Repetir el procedimiento hasta obtener un peso constante (tara).

Agregar exactamente 1 gramo de muestra y llevarlo a 100 C por una hora. Retirar del horno e introducir en desecadora hasta que alcance la temperatura ambiente (aproximadamente 15 minutos), pesar.

Repetir el procedimiento hasta que alcance el peso constante.

Se resta la tara y se determina el peso seco de la materia vegetal, expresado como miligramos (mg) de materia seca/gramos de materia vegetal.

c) Determinación de la actividad antioxidante, utilizando  $\alpha,\alpha$ -difenil- $\beta$ -picrilhidrazilo (DPPH).

Preparar una serie de cuatro tubos de reacción por ensayo.

Al primer tubo que es el **blanco de control** agregar 1 ml de una solución tampón de acetato y 2 ml de metanol.

Al segundo tubo **control**, agregar 1 ml de tampón de acetato, 1.5 ml de metanol y 0.5 ml de solución de DPPH.

Al tercer tubo, **blanco del ensayo**, agregar 1 ml de tampón de acetato, 1.9 ml de metanol y 0.1 ml del extracto de la muestra vegetal.

Al cuarto tubo de ensayo, agregar 1 ml de tampón de acetato, 1.4 ml de metanol, 0.1 ml del extracto de la muestra y 0.5 ml de solución de DPPH.

Agitar en vortex por 30 segundos e incubar a temperatura ambiente por 30 minutos protegiéndolos de la luz. Leer la absorbancia en el espectrofotometro a una longitud de onda de 517 nm contra el blanco respectivo.

Calcular el porcentaje de disminución de la absorbancia Abs (517) causado por el extracto.  $(\text{Abs b control} - \text{Abs e}) / \text{Abs b control} \times 100 = \% \text{ disminución de la absorbancia (517)}$ .

Repetir el ensayo con diluciones del extracto (0.2, 0.4, 0.6, 0.8), 100/400, 200/300, 300/200, 400/100, 500.

Graficar la concentración del extracto (eje X) vrs % de disminución de absorbancia (517) (eje Y). Interpolar el valor IC50.

La actividad antioxidante se expresa en términos de la concentración de inhibición al 50% (IC50), que es la concentración del extracto requerida para dar un 50% de disminución de la absorbancia de DPPH.

#### d) Determinación de compuestos fenólicos totales

Preparar una curva patrón con 4 ml de ácido gálico, disuelto en agua en concentraciones entre 0.625 – 6.25 ug/ul.

Agregar a cada tubo 0.4 ml de reactivo Folin-ciocalteu y 0.8 de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 10% y 50 ul de la muestra.

Al segundo tubo agregarle 3.90 ml de agua, 0.4 ml de reactivo Folin-ciocalteu y 0.8 ml de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 10% y 100 ul de la muestra.

Mezclar bien y colocar a 90/100 C durante 1 minuto en baño maría, dejar enfriar y leer la absorbancia a 765 nm.

Usando la curva patrón se calcula la concentración de compuestos fenólicos totales, expresados como equivalentes de ácido gálico.

**ANEXO No. 5****DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA “C” EN  
PLANTAS CRUDAS POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA  
PRESIÓN (HPLC)****1. Equipo****a) Equipo mayor**

Sistema HPLC Merck Hitachi, constituida por bomba HPLC modelo 6200A, inyector Reodyne modelo 715, detector modelo L-7400, integrador D-2500, columna Licchrospher Rp18.

Potenciometro Fsher Accumet (Scientific Co.)

Balanza analítica digital PB303 Delta Range

Agitador magnético Corning hot plate Stirrer PC351

Vortex Mistral mixer

Refrigeradora

**b) Equipo menor**

Erlen meyers de 250 ml con tapón esmerilado

Vidrios de reloj

Embudos de vidrio

Papel filtro

Magnetos

Frascos ambar de vidrio

Micropipetas

Tubos de ensayo

Probetas

## 2. **Reactivos**

Metanol

Nitrógeno gaseoso

Solución buffer de Fosfato ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ )

Acido ascórbico

Acido clorhídrico concentrado (HCl)

Agua desmineralizada

## 3. **Procedimiento**

### a) Obtención del extracto vegetal

Pesar 10 gramos de la muestra y agregarle 50 ml de fase móvil ( 95% de buffer de fosfato + 5% de metanol), saturar la atmósfera con nitrógeno gaseoso por 30 segundos.

Agitar por dos horas utilizando un agitador magnético y magnetos, protegiendo la muestra de la luz blanca y natural.

Filtrar con papel filtro y embudo.

Repetir las extracciones con 25 ml de fase móvil y agitando una hora cada vez, hasta que el extracto salga incoloro. Medir el volumen final del extracto y guardarlo en frasco ambar en refrigeración.

### b) Determinación del contenido de ácido ascórbico en las muestras

Mezclar en un tubo de ensayo 1ml del extracto vegetal más 5 ul de

ácido ascórbico ( 10 mg Acido ascórbico / 1ml H<sub>2</sub>O).

Agitar y luego filtrar con membranas para sistema HPLC.

Inyectar 40 ul del filtrado en el sistema HPLC, bajo las siguientes condiciones:

Longitud de onda = 265 nm (uv)

Flujo = 1 ml / minuto

Tiempo = 10 minutos

Se utilizó una curva patrón del estándar para calcular la concentración de vitamina "C" y se expresó como mg de ácido ascórbico.

**ANEXO No. 6****DETERMINACIÓN DE CAROTENOS EN PLANTAS CRUDAS  
POR CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA DE ALTA PRESIÓN (HPLC)****1. Equipo**

## a) Equipo mayor

Balanza analítica digital PB303 Delta Range

Potenciometro Fisher Accumet (Scientific Co.)

Baño maría Sargent (Precision Scientific Co.)

Refrigeradora

Sistema HPLC Merck-Hitachi, constituido por bomba HPLC modelo 6200A, inyector Reodyne modelo 715, detector modelo L-7400, integrador D-2500, columna Lichrospher C8, 250 x 4 mm.

## b) Equipo menor

Erlenmeyers de 125 ml

Vidrios de reloj

Beakers

Balones aforados

Probetas

Ampollas de decantación

Pipetas volumétricas

Tubos de ensayo

Micropipetas

Pinzas

Hielera para transportar muestras

Mortero y pistilo de porcelana

Embudos Buchner

## **2. Reactivos**

Etanol

Nitrógeno gaseoso

Bicarbonato de sodio reactivo

Cloruro de sodio al 8% (p/v)

Hidróxido de potasio al 40% (p/v)

n- hexano

Eter de petróleo

Acetona

Acetonitrilo

Metanol

Tetrahidrofurano

Alfa- caroteno (estándar)

Beta-caroteno (estándar)

Sudán I (estándar)

## **3. Procedimiento**

Pesar 3 gramos de muestra fresca

Agregar 0.3 de bicarbonato y 30 ml de Acetona

Macerar y filtrar usando embudo Buchner

Evaporar en corriente de nitrógeno gaseoso

Repetir la extracción con porciones pequeñas de acetona hasta que no se extraiga más color.

Evaporar en corriente de nitrógeno hasta un volumen aproximado de 10 ml.

Transferir cuantitativamente a una ampolla, agregar 10 ml de una mezcla de dietil – eter- hexano ( o éter de petróleo) (1:1) y 10 ml de NaCl al 8% (p/v). Mezclar cuidadosamente y dejar separar.

Separar la fase orgánica (superior)

Si la fase acuosa queda con color, repetir la extracción con la mezcla de éter-hexano.

Evaporar la fase orgánica hasta sequedad bajo atmósfera de nitrógeno.

Disolver con 20 ml de etanol y agregar 4 ml de hidróxido de potasio al 40% (p/v) disuelto en metanol.

Mezclar y saturar con nitrógeno gaseoso, dejar reposar en la oscuridad y a temperatura ambiente un mínimo de 2 horas.

Agregar 24 ml de una mezcla de dietil-éter-hexano (o éter de petróleo) (1:1) y 24 ml de cloruro de sodio al 8% (p/v), mezclar y dejar separar las fases.

Si la fase acuosa presenta coloración repetir la extracción con éter-hexano.



Separar la fase orgánica (superior) y lavar con cloruro de sodio al 8% (p/v) hasta que el ph del agua de lavado sea neutro.

Evaporar bajo atmósfera de nitrógeno hasta sequedad.

Disolver la muestra con 0.450 ml de Sudán I

Evaporar a sequedad bajo atmósfera de presión.

Reconstituir la muestra con 5 ml de Acetona e inyectar en el sistema HPLC, bajo las siguientes condiciones:

Flujo = 2

Atenuación = 2

Longitud de onda = 470 nm

Tiempo = 15 minutos

Fase Móvil = 100 % (56% metanol, 40% Acetonitrilo, 4% Tetrahidrofurano) mezcla externa.

Se utilizaron las curvas patrones de los estándares y los resultados se expresaron como: microgramos de alfa y beta-carotenos, luego se trasladaron estos valores a microgramos de equivalente de Retinol (ER) de alfa y beta-caroteno, y por último a microgramos de equivalentes de retinol (ER) totales de cada muestra.



**Tabla 2.** Actividad antioxidante total, contenido de compuestos fenólicos, contenido de vitamina C y carotenos, en plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en materia fresca. (Guatemala, enero-diciembre, 2002)

Nombre	IC50 (mg)	Fenoles totales (equivalentes de ácido gálico/g)	Vitamina C (mg en 100g de planta)	Carotenos (mcg en 100g de planta)				ER totales
				Alfa-caroteno		Beta-caroteno		
				mcg	mcg ER	mcg	mcgER	
Pie de paloma (hojas y cogollos) <i>Boerhaavia erecta</i>	12.1	3.3	11	9231	775	3925	655	1430
Kela (hojas y cogollos) <i>Phytolacca icosandra L.</i>	20.7	0.8	48	nd	nd	3160	528	528
Hato (hojas y cogollos) <i>Peperomia clavigera Standl</i>	14.8	1.0	16	4272	398	969	164	562
Verbena (fruto) <i>Solanum molinarum</i>	31.3	0.2	52	nd	nd	nd	nd	nd
Verbena (hojas y cogollos) <i>Solanum molinarum</i>	33.8	0.4	142	nd	nd	622	104	104
Gamuza (hojas y cogollos) <i>Liabum vagans</i>	2.6	3.5	14	3837	322	9967	1665	1987
Chijuilote (centro comestible del tallo) <i>Chamaedorea sp.</i>	114.0	0.1	370	nd	nd	nd	nd	nd

nd = no detectado

**Tabla 3.** Actividad antioxidante total, contenido de compuestos fenólicos, contenido de vitamina C y carotenos, en plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en materia seca. (Guatemala, enero-diciembre, 2002)

Nombre	IC50 (mg)	Fenoles totales (equivalentes de ácido gálico/g)	Vitamina C (mg en 100g de planta)	Carotenos (mcg en 100g de planta)				ER totales
				Alfa-caroteno mcg	mcg ER	Beta-caroteno mcg	mcgER	
Pie de paloma (hojas y cogollos) <i>Boerhaavia erecta</i>	2.6	15.5	58	44388	3729	19330	3228	6957
Kela (hojas y cogollos) <i>Phytolacca icosandra L.</i>	2.5	6.7	392	nd	nd	26216	4378	4378
Hato (hojas y cogollos) <i>Peperomia clavigera Standl</i>	0.7	20.5	343	91198	7661	18641	3113	10774
Verbena (fruto) <i>Solanum molinarum</i>	4.1	1.6	399	nd	nd	nd	nd	nd
Verbena (hojas y cogollos) <i>Solanum molinarum</i>	5.7	2.2	836	nd	nd	3723	622	622
Gamuza (hojas y cogollos) <i>Liabum vagans</i>	0.9	9.6	41	8842	742	25052	4184	4927
Chijuilote (centro comestible del tallo) <i>Chamaedorea sp.</i>	12.0	1.4	3605	nd	nd	nd	nd	nd

nd = no detectado

**Tabla 2.** Actividad antioxidante total, contenido de compuestos fenólicos, contenido de vitamina C y carotenos, en plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en materia fresca. (Guatemala, enero-diciembre, 2002)

Nombre	IC50 (mg)	Fenoles totales (equivalentes de ácido gálico/g)	Vitamina C (mg en 100g de planta)	Carotenos (mcg en 100g de planta)				ER totales
				Alfa-caroteno mcg	mcg ER	Beta-caroteno mcg	mcg ER	
Pie de paloma (hojas y cogollos) <i>Boerhaavia erecta</i>	12.1	3.3	11	9231	775	3925	655	1430
Kela (hojas y cogollos) <i>Phytolacca icosandra L.</i>	20.7	0.8	48	nd	nd	3160	528	528
Hato (hojas y cogollos) <i>Peperomia clavigera Standl</i>	14.8	1.0	16	4272	398	969	164	562
Verbena (fruto) <i>Solanum molinarum</i>	31.3	0.2	52	nd	nd	nd	nd	nd
Verbena (hojas y cogollos) <i>Solanum molinarum</i>	33.8	0.4	142	nd	nd	622	104	104
Gamuza (hojas y cogollos) <i>Liabum vagans</i>	2.6	3.5	14	3837	322	9967	1665	1987
Chijuilote (centro comestible del tallo) <i>Chamaedorea sp.</i>	114.0	0.1	370	nd	nd	nd	nd	nd

nd = no detectado

**Tabla 3.** Actividad antioxidante total, contenido de compuestos fenólicos, contenido de vitamina C y carotenos, en plantas comestibles silvestres del departamento de Chiquimula, en materia seca. (Guatemala, enero-diciembre, 2002)

Nombre	IC50 (mg)	Fenoles totales (equivalentes de ácido gálico/g)	Vitamina C (mg en 100g de planta)	Carotenos (mcg en 100g de planta)				ER totales
				Alfa-caroteno mcg	mcg ER	Beta-caroteno mcg	mcg ER	
Pie de paloma (hojas y cogollos) <i>Boerhaavia erecta</i>	2.6	15.5	58	44388	3729	19330	3228	6957
Kela (hojas y cogollos) <i>Phytolacca icosandra L.</i>	2.5	6.7	392	nd	nd	26216	4378	4378
Hato (hojas y cogollos) <i>Peperomia clavigera Standl</i>	0.7	20.5	343	91198	7661	18641	3113	10774
Verbena (fruto) <i>Solanum molinarum</i>	4.1	1.6	399	nd	nd	nd	nd	nd
Verbena (hojas y cogollos) <i>Solanum molinarum</i>	5.7	2.2	836	nd	nd	3723	622	622
Gamuza (hojas y cogollos) <i>Liabum vagans</i>	0.9	9.6	41	8842	742	25052	4184	4927
Chijuilote (centro comestible del tallo) <i>Chamaedorea sp.</i>	12.0	1.4	3605	nd	nd	nd	nd	nd

nd = no detectado

