

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

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CAROTENOIDES
PRO-VITAMINA "A" DE SEIS VARIEDADES DE MUSACEAS
CULTIVABLES EN CENTRO AMÉRICA.**

Informe de Tesis

Presentado por

KARLA ANDREA MOLINA MEZA

Estudiante de la carrera de

QUIMICA

Guatemala, junio de 1997.

06
T(1822)
C.4

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

DECANO	Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar
SECRETARIO	Lic. Oscar Federico Nave Herrera
VOCAL I	Lic. Miguel Angel Herrera Gálvez
VOCAL II	Lic. Gerardo Leonel Arroyo Catalán
VOCAL III	Lic. Rodrigo Herrera San José
VOCAL IV	Br. Ana María Rodas Cardona
VOCAL V	Br. Hayro Oswaldo García García

DEDICATORIA

**A DIOS
Y LA VIRGEN MARIA**

A MIS PADRES

Edgar Humberto Molina Cajas
Leticia Meza Durán

Por su inmenso amor, apoyo, ejemplo,
confianza y dedicación a lo largo de toda
mi vida

A MIS HERMANOS

Roberto Carlos,
Jeannette y su esposo Carlos

A LUIS ROLANDO

Por su amor, paciencia y apoyo brindados
durante estos años

A MI FAMILIA

Por el cariño que siempre me han dado

A MIS AMIGOS

Por la amistad e interéses que hemos
compartidos

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, Dr. Omar Dary, por brindarme su apoyo incondicional y transmitirme su experiencia y conocimiento.

Al Laboratorio Especializado de Química y Bioquímica, LEQB, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP, por proveer el soporte económico, brindar el espacio y préstamo de equipo necesarios para poder realizar este trabajo. Así también al personal que labora en el mismo, Licenciada. Mónica Guamuch, Licenciada. Dora Inés Mazariegos, Licenciada. Carolina Martínez, Ingrid Cabrera, María Burgos y Magda Hernández, por su ayuda constante.

A la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas, FHIA, por proporcionar las muestras objeto de la presente investigación.

A todas las personas que con cariño y total desinterés me brindaron su ayuda en la realización de esta tesis.

INDICE

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	3
III. ANTECEDENTES.....	5
A. GENERALIDADES.....	5
B. VITAMINA A.....	8
1. Función de la Vitamina A.....	8
2. Necesidades y Requerimientos de vitamina A.....	8
3. Fuentes de Vitamina A.....	9
4. Medición de la actividad de Vitamina A.....	10
C. CAROTENOIDES.....	11
1. Propiedades y Estructura.....	11
2. Precursores de Vitamina A.....	12
3. Determinación de Carotenoides.....	13
IV. JUSTIFICACIONES.....	20
V. OBJETIVOS.....	21
A. OBJETIVO GENERAL.....	21
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
VI. HIPÓTESIS.....	22
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
A. UNIVERSO DE TRABAJO.....	23
B. RECURSOS.....	23
1. Humanos.....	23
2. Institucionales.....	23
3. Físicos.....	23
4. Recursos materiales.....	24
C. PROCEDIMIENTO.....	26
1. Preparación de Soluciones.....	26
2. Preparación de los patrones (estándares).....	27
3. Preparación de curvas estándar.....	28
4. Extracción.....	29
5. Cromatografía en Columna:.....	29
6. Análisis cromatográfico.....	30
7. Inyección de la muestra.....	30
8. Determinación de la concentración de cada compuesto.....	30

D. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	31
1. Muestreo	31
2. Tamaño de la muestra.....	32
3. Análisis de Resultados.....	32
VIII. RESULTADOS.....	34
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
X. CONCLUSIONES	40
XI. RECOMENDACIONES.....	42
XII. REFERENCIAS.....	43
XIII. ANEXOS.....	46
1. CUADROS	46
2. GRAFICAS.....	62
2. FIGURAS.....	68

I. RESUMEN

El presente trabajo se planteó con el objeto de aportar conocimientos que contribuyan a disminuir la deficiencia de vitamina A que sufre la población centroamericana. Este trabajo midió el contenido de carotenoides pro-vitamina A en diferentes variedades de musáceas, ya que se ha comprobado que éstas tienen gran cantidad de dichos componentes. Actualmente se cultivan y consumen las variedades de musáceas triploides, pero la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas, FHIA, ha desarrollado variedades tetraploides que reúnen algunas características económicas deseables como son: resistencia a enfermedades y alta productividad, por lo que es importante establecer el valor pro-vitamina A de estas variedades para introducirlas al mercado centroamericano como fuentes de este nutriente.

En este estudio, también se evaluaron los cambios en el contenido de vitamina A que ocurren en las musáceas al ser sometidas a dos tipos de cocción: fritura y cocción en agua.

Se analizaron seis variedades de musáceas, 4 de cocción (plátano y majunche) y dos bananos, cada una en dos estados de maduración: verde y maduro. Las frutas fueron donadas y enviadas por la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas, FHIA. Para cada análisis se utilizaron cuatro frutos (dedos) de cada variedad, que provinieron siempre de la tercera mano del racimo. Cada determinación se hizo por duplicado, y se repitieron si los resultados quedaron afuera de la variación intrínseca esperada para el método (10%). En total se hicieron 6 envíos de cada variedad en un período de tiempo de 18 semanas de duración.

El análisis de los carotenos (α - y β -caroteno) se realizó en el laboratorio especializado de Química y Bioquímica, LEQB, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP, por medio del método para carotenos en cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) de Carvalho, et al. (1992). Los resultados se analizaron por medio de Análisis de Varianza (ANDEVA), comparación múltiple de medias de Tukey, y contrastes ortogonales.

Los resultados mostraron que las variedades de musáceas triploides (originales) tienen mayor contenido de carotenoides pro-vitamina A, que las variedades tetraploides desarrolladas por la FHIA.

La maduración de las musáceas provoca pérdida del contenido de carotenoides pro-vitamina A, excepto en el majunche.

En todas las variedades analizadas, los métodos de procesamiento, tanto la fritura como la cocción con vapor, afectaron muy poco el contenido de carotenoides pro-vitamina A.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda el consumo de plátano como fuente de vitamina A, ya que en el estado verde, la ingesta de 50 g satisface aproximadamente el 40% de las recomendaciones diarias para un niño, mientras que la variedad FHIA-21, el equivalente tetraploide del plátano, satisface el 18% de dichas recomendaciones. Las variedades maduras a pesar de tener un contenido menor en carotenoides, son todavía buenas fuentes, ya que éstas satisfacen el 12% y el 8%, respectivamente, de dichas recomendaciones.

Se sugiere hacer estudios de biodisponibilidad, para mostrar que efectivamente se aprovecha la mayor cantidad de carotenoides de las musáceas, así como establecer el grado de estabilidad de los carotenoides pro-vitamina A durante la obtención de harinas.

II. INTRODUCCIÓN

El Componente Análisis Químico de Carotenoides, que se desarrolló en el proyecto "Apoyo al Control de la Hipovitaminosis A en Centroamérica" por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), identificó que uno de los alimentos que aporta suficientes cantidades de pigmentos pro-vitamina A a la dieta de preescolares es el plátano. En las determinaciones analíticas realizadas de muestras de plátanos provenientes de Guatemala y Honduras, se estableció que esta fruta posee cerca de **275 mg ER/100g^{1,2}**, que conjugado con una ingesta de 30-60 g por porción por niños de 1 a 5 años, lo hacen uno de los alimentos cuya producción y consumo debería promoverse para prevenir la deficiencia de la vitamina A por medio de la dieta. Por el consumo de este alimento se satisfacen del 20 al 40% de las recomendaciones diarias de este nutriente (400 ER) para este grupo etario. Estas determinaciones también descubrieron que en esta fruta los pigmentos pro-vitamina A no son afectados por la cocción y la fritura, un comportamiento semejante a los pigmentos de la zanahoria, y una clara ventaja para considerar evaluar su secado y otros procesamientos similares de conservación. Los carotenoides pro-vitamina A del mango, camote y hojas verdes son muy lábiles a procedimientos de cocción y secado (Caballero, 1995).

Con el propósito de continuar los estudios sobre el contenido de pigmentos pro-vitamina A de alimentos centroamericanos, se decidió centralizar en el análisis de muestras vegetales con las mayores posibilidades de reproducción y utilización. Este estudio sigue estos lineamientos, y en él

¹E.R.=Equivalente retinol=1µg de retinol=3.33 UI de retinol

²Cinco veces más que los niveles registrados en la actual tabla de composición de alimentos para Centro América

se estudiaron seis variedades de musáceas (Musa paradisiaca, plátano y Musa sapientum, banano)³ de actual producción en Centro América o cuya introducción se anticipa para el futuro inmediato

La Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA) ha desarrollado variedades tetraploides de estas musáceas, de cuyo valor nutricional como fuente de vitamina A se conoce poco, por lo que se decidió aprovechar la realización de este estudio para obtener datos preliminares sobre su composición alimentaria.

³Las denominaciones M. paradisiaca y M. sapientum son obsoletas, ya que se ha establecido que ambas especies son triploides de la misma especie pero con diferente combinación de juegos cromosomales. Sin embargo por razones históricas y de referencia se mencionan como especies separadas.

III. ANTECEDENTES

A. GENERALIDADES

Las musáceas son una familia de plantas herbáceas y viváceas de gran interés, pues entre ellas además de encontrarse los plátanos (*M. paradisiaca*) y los bananos (*M. sapientum*), cuyos frutos se utilizan ampliamente en la alimentación, se encuentran otras especies de las que se aprovecha su fibra (Ruiz, 1958 ; Rojas, 1936).

El plátano y el banano son hierbas de gran talla, que son cultivadas en regiones bajas y húmedas de los países intertropicales. Su lugar de origen es probablemente el Asia, conociéndose que fueron cultivadas en la India varios siglos antes de la Era Cristiana. Estas plantas miden generalmente de 4 a 6 metros de altura, pero hay ejemplares que alcanzan mayores dimensiones. Los frutos, llamados vulgarmente plátanos o bananos, son bayas ricas en almidón y otros glúcidos, que se disponen alrededor del eje floral orientados hacia arriba y formando dobles anillos transversales denominados "manos". La unión de las "manos" forma un agrupamiento conocido con el nombre de "penca". Cada penca contiene alrededor de 60 a 80 frutos, denominados dedos, los cuales tardan en madurar alrededor de tres meses desde el momento de la floración. La penca se corta con los frutos verdes, los cuales completan después su maduración (Ruiz, 1958 ; Rojas, 1936).

Existen diferentes estados de maduración que van desde verde hasta maduro, a los cuales también se les conoce como etapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, que van en orden creciente de maduración. El estado de maduración verde (etapa 1), se refiere a la cosecha del fruto entre los 85 y 90 días después de la floración (la floración se da aproximadamente entre los 9 y 11 meses después de la

siembra, dependiendo de las condiciones climatológicas). El estado maduro (etapa 5), se refiere a los 20 días después del corte del fruto verde (ICAITI, 1976; Krezdorn, Campbell).

De las dos formas más comunes, el término M. paradisiaca se utiliza para identificar al "plátano largo" o "macho", y el de M. sapientum al banano o guineo con sus variedades "tabasco", "dominico", "manzano", "roatán", y otros. Además, existen variedades intermedias como el guineo majunche y otras. Actualmente, se han establecido que todas estas musáceas son variedades diploides y triploides de una misma especie, diferenciándose por la combinación de los juegos cromosomales, por lo que se está desestimando el uso de los términos paradisiaca y sapientum, y recomendándose mejor su identificación con el tipo de cromosomas entre paréntesis, así: banano (AAA), plátano (AAB), majunche (ABB).

Los organismos triploides, son estériles, reproduciéndose vegetativamente por medio de los "hijos", que surgen de la planta madre cuando esta muere después de haber producido su único racimo de frutas o por otras causas. Sin embargo, algunas variedades de estas "especies" pueden ocasionalmente ser fertilizadas con polen (haploide) proveniente de familiares diploides silvestres, cuyos frutos carecen de importancia económica, con muy raras excepciones como el guineo de oro. Las variedades triploides que aceptan los gametos masculinos haploides se conocen con el nombre de "madres". En banano existen 2 madres, la variedad Grossmichel y la Patra enanna brasileña; y en plátano también dos, el plátano hembra o francés -una mutación ocasional del plátano estéril que recibe el nombre de cuerno o macho-, y una variedad ecuatoriana. Los hijos resultantes son tetraploides, que pueden ser fértiles.⁴

⁴Informe de visita a la Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas, FHIA del INCAP. 04/08/94

La FHIA ha producido varios tetraploides de plátano; pero sólo algunos pocos reúnen las características económicas deseables tales como: resistencia a mal de Panamá (una enfermedad causada por un fusarium) de tipo I y IV; poca susceptibilidad a la cigatoca, y alta productividad. Las variedades identificadas como FHIA 1, 3 y 21, llenan estas cualidades. Los genotipos de esta variedad son respectivamente los siguientes: AAAB (Banano), AABB (Banano majunche) y AAAB (plátano). El genotipo del banano y el plátano aparentemente son similares; sin embargo, el genoma B proviene en el primer caso del polen, y en el segundo de la planta madre.

El banano FHIA-01 podría reemplazar a la variedad Cavendish, que es la única actualmente en producción en el mundo -el monocultivo más grande-, ya que la primera es resistente al mal de Panamá del tipo IV y la variedad Cavendish no, y esta enfermedad se está extendiendo rápidamente y sin posibilidades de control químico. Es interesante mencionar que la variedad Cavendish salvó la producción mundial de banano en los años sesenta, cuando el mal de *Panamá* del tipo I casi llegó a exterminar a la variedad Grossmichel, la única en producción en esa época. Las musáceas de cocción FHIA-03 y FHIA-21, carecen de importancia económica como frutas de exportación; sin embargo, su robustez, nula o escasa dependencia al control químico de plagas, y alta productividad las hacen muy atractivas para estimular su producción para el consumo interno.

El plátano se cultiva en el África y en el sur de México y Centro América. El plátano es una planta de gran utilidad para el hombre. Sus frutos maduros, así como verdes, cocidos o fritos son comestibles. Del plátano se obtiene una harina empleada en cervecería para preparar la malta, y también pueden aprovecharse en la fabricación de vinos y aguardientes. Los peciolos tienen fibras textiles, y los tallos, hojas y cáscaras de los frutos pueden aprovecharse como abonos en los terrenos de cultivo (Ruiz, 1958 ; Rojas, 1956).

B. VITAMINA A

1. Función de la Vitamina A

El término vitamina A incluye al retinol y sus derivados (principalmente retinal y ácido retinoico), y sus precursores carotenoides como β -caroteno, alfa-caroteno y β -criptoxantina (FAO/OMS, 1991).

El retinol actúa en el organismo formando parte de la rodopsina, el pigmento visual que interviene en la visión de baja intensidad (noctámbula), y otras opsinas responsables de la visión de color. Se relaciona también con el mantenimiento del crecimiento, la salud en general y la vida misma. Algunas consecuencias de la carencia de vitamina A son el mal funcionamiento de tejido epitelial, aumento en la susceptibilidad a las infecciones, la xeroftalmía, incluyendo la lesión de la córnea que da como resultado la ceguera irreversible (FAO/OMS, 1991; FAO/OMS, 1967).

La carencia de vitamina A y sus dos estados resultantes más evidentes, la xeroftalmía y la ceguera nutricional, son endémicos en grandes partes de África y Asia; hay también focos dispersos en el Caribe, el Medio Oriente y América Latina (FAO/OMS, 1967).

2. Necesidades y Requerimientos de vitamina A

En 1985, la FAO y la OMS (FAO/OMS, 1991) llevaron a cabo una consulta de expertos para revisar las necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12. En el informe presentado, se incluyeron algunas definiciones muy importantes sobre las necesidades de ingesta:

- **Necesidad Basal:** Es la cantidad que se necesita para prevenir un deterioro clínicamente demostrable de la función. Las personas que satisfacen esta necesidad son capaces de crecer y reproducirse normalmente, sin embargo sus reservas del nutriente en los tejidos son muy bajas o

inexistentes y, por esto, pueden ser susceptibles de problemas causados por insuficiencias alimentarias a corto plazo (FAO/OMS, 1991).

- **Nivel de Seguridad en la Ingesta** (Sinónimo de Ingesta Recomendada): Es el nivel de ingesta, que cuando es prolongado, mantendrá la salud y las reservas apropiadas de nutriente en casi todas las personas sanas (FAO/OMS, 1991).

Debido a que las necesidades varían considerablemente de un individuo a otro, sólo se pueden hacer recomendaciones de ingesta sobre la base de una cierta probabilidad.

Por tanto, de acuerdo con el método aceptado, se presentan estimaciones únicas que se consideran suficientes para satisfacer las necesidades de todos los individuos de un grupo homogéneo. El nivel de seguridad se toma como la media más dos desviaciones típicas para una distribución normal o como percentil 95.

El margen de seguridad de la ingesta es el nivel en el cual el riesgo de exceso o insuficiencia es muy bajo, para casi todos los individuos (Cuadro No. 1, en Anexos) (FAO/OMS, 1991; FAO/OMS, 1967).

3. Fuentes de Vitamina A

La Vitamina A puede ser aportada en la dieta en dos formas: como retinol, habitualmente en forma de éster, o como precursores carotenoides, que es desdoblado enzimáticamente para producir retinaldehído, y del cual se derivan el retinol y el ácido retinoico (Olson, 1992). Los carotenoides existen principalmente en las plantas y los productos vegetales y el retinol se encuentra de manera natural solamente en alimentos de origen animal (Harbone, 1982).

La cantidad de retinol que excede las necesidades inmediatas es almacenada en el hígado en forma de éster. En una persona bien nutrida, los ésteres de retinol en el hígado constituyen más del 90% de la cantidad total de vitamina A del organismo (Simpson, 1987).

Los carotenos en exceso son almacenados en el organismo principalmente en el tejido adiposo. Esto se puede comprobar fácilmente, ya que la reserva de grasa de los adultos a menudo es amarillenta, lo cual se debe al caroteno acumulado, mientras que en un niño estas reservas son blancas. La ingesta excesiva de carotenos produce una coloración amarillenta de la piel, pero este proceso de coloración es rápidamente reversible si se suspende la ingesta del mismo (Roche, 1994).

4. Medición de la actividad de Vitamina A

Los niveles de vitamina A se expresan convencionalmente en términos de microgramos (μg) de retinol, tanto si la vitamina está presente en forma de retinol libre como si lo está en forma de éster (FAO/OMS, 1967, 1991).

Con el objeto de describir la actividad de vitamina A de los carotenoides y del retinol sobre una base común, el grupo mixto FAO/OMS de expertos (FAO/OMS, 1967) introdujo el concepto de EQUIVALENTE DE RETINOL (ER), estableciendo las siguientes relaciones entre las fuentes alimentarias de vitamina A:

1 μg RETINOL	= 1.0 μg de ER
1 μg BETA-CAROTENO	= 0.167 μg de ER
1 μg OTROS CAROTENOIDES	= 0.084 μg de ER

En las tablas de composición de alimentos se usan a menudo las UNIDADES INTERNACIONALES (UI). Una UI es igual a 0.3 mg de retinol, mientras que UI de beta-caroteno equivale a 0.6 mg de beta-caroten (FAO/OMS, 1967).

C. CAROTENOIDES

1. Propiedades y Estructura

Los carotenoides son un grupo de compuestos, principalmente soluble en grasa, responsables de mucho del color amarillo y rojo de las plantas y algunos animales. Se encuentran ampliamente distribuidos en grandes cantidades (Simpson, 1987).

Se han identificado más de 500 carotenoides naturales presentes en plantas, algas, bacterias y hongos (Rodríguez-Amaya, 1989). Su estructura está caracterizada por ocho unidades isopreno repetidas con sustituyentes metilo, con simetría alrededor del centro de la molécula y un sistema de dobles enlaces conjugados, el cual es el responsable de los colores amarillo a rojo profundo. Los carotenoides difieren en su grado de saturación, ciclación, oxidación y/o adición de carbonos (Simpson, 1987; Olson, 1992).

Químicamente, los carotenoides están divididos en dos grupos:

1. Hidrocarbonados: Carotenos
2. Derivados Oxigenados: Xantofilas

En las plantas, los carotenoides tienen tres funciones principales: como pigmentos accesorios en la fotosíntesis; como antioxidantes; y como sustancia colorante de flores y frutos. En las flores, se encuentran como colorantes amarillos mientras que en las frutas se presentan

también de anaranjado a rojo. En las hojas se pueden encontrar principalmente luteína, violaxantina y en menor cantidad neoxantina (Olson, 1992).

La característica absorción de luz ultravioleta y visible del beta-caroteno son debidas a su sistema conjugado de dobles enlaces y su estructura anular.

Los carotenoides de los alimentos son generalmente solubles en grasa, pero pueden estar enlazados con proteínas o esterificados. Durante el proceso de digestión los carotenoides son liberados y solubilizados por las sales biliares (Simonsen, 1987; Olson, 1992).

2. Precursores de Vitamina A

Desde el punto de vista nutricional los carotenoides son clasificados como: 1. Provitaminicos y 2. Carotenoides inactivos. De los carotenoides identificados, cerca de 50 de ellos muestran actividad provitamina A en animales (Harborne, 1987).

La actividad provitamina A del beta-caroteno es debida a su semejanza estructural con el retinol (Figura No. 1, en Anexos). Para tener actividad de vitamina A, un carotenoide debe tener al menos la mitad de la molécula de beta-caroteno, es decir el anillo beta-ionona. De ahí que, los carotenos acíclicos son inactivos. Substituciones en la estructura básica, o cambios en dobles enlaces o estructura del anillo resulta generalmente en una pérdida de la actividad.

Algunos de los carotenoides más abundantes son:

Grupo	Nombre común	Actividad Vitamínica
Carotenos	beta-caroteno	+
	alfa-caroteno	+
	gamma-caroteno	+
	beta-zeacaroteno	+
	zeta-caroteno	-
	licopeno	-

Grupo	Nombre común	Actividad Vitamínica
Xantofilas	alfa-criptoxantina	-
	beta-criptoxantina	+
	zeinoxantina	-
	luteína	-
	violoxantina	-

Los carotenoides existen en la naturaleza en la configuración más estable todo-trans. Los isómeros cis sin embargo pueden encontrarse y, es sabido que, se incrementan durante la cocción o el procesamiento industrial (Chandler y Schwartz, 1988; Sweeney y Marsh, 1970a; Sweeney y Marsh, 1970b). En términos nutricionales, las diferencias entre los isómeros cis y trans son muy importantes, ya que la forma cis posee menor actividad biológica.

Menor atención se les ha puesto a los epoxi-carotenoides quienes poseen menor actividad que los compuestos padres, generalmente se encuentran en muy pequeña cantidad en los alimentos frescos.

3. Determinación de Carotenoides

a. Precauciones Generales

Los carotenoides son fácilmente degradados con la formación de subproductos (Davies, 1976; De Ritter y Purcel, 1981). Los medios ácidos en presencia de luz causan la formación de isómeros cis, con cambios en la coloración.

La degradación de los carotenoides, se cree sucede a través de la formación de epóxidos en la posición 5,6 en la cadena.

La lipoxigenasa y otras enzimas, puede actuar sobre las grasas polinsaturadas y sobre los carotenoides como substratos secundarios. Los productos de la actividad de la lipoxigenasa sobre los carotenoides han sido caracterizados como epo-carotenos (Davies, 1976a,b; De Ritter y Purcel, 1981).

Durante el análisis por cromatografía en columna, algunas fases estacionarias (óxido de magnesio, sílica gel, alúmina) pueden degradar los carotenos.

Generalmente, el almacenamiento de los alimentos que contienen carotenoides debe ser en la oscuridad bajo atmósfera de nitrógeno y a temperatura inferior a los -20°C . Sin embargo, bajo estas condiciones, algunos cambios químicos y enzimáticos aún pueden ocurrir.

Tanto los carotenoides como el retinol son sustancias muy lábiles y requieren un manejo especial para evitar pérdidas antes de ser analizados (Davies, 1976a, b; De Ritter y Purcel, 1981).

Los factores más críticos que deben controlarse para el análisis de carotenoides son:

- a. **Oxidación:** El retinol y los carotenoides son fácilmente destruidos por oxidación en la presencia de aire. El calor y la presencia de iones metálicos (hierro, cobre) favorecen la reacción (Bessey, et al., 1946).
- b. **Exposición a la luz:** El retinol y los carotenoides son destruidos por exposición a la luz. Dichos compuestos experimentan foto-transformación estructural particularmente cuando son expuestos a la región ultravioleta del espectro (abajo de 350 nm). Aunque la luz del sol es más destructiva que la artificial, la exposición directa de ambas debe ser evitada (Parkinson y Ga, 1972).

Para el análisis preciso del contenido de carotenoides provitamina A deben de cumplirse ciertos requisitos (Rodríguez-Amaya, 1989):

1. Separación de los carotenoides inactivos interferentes
2. Los carotenoides provitamina A deben ser separados y cuantificados individualmente.
3. Para cada provitamina, la forma cis y trans deben ser cuantificadas separadamente.

b. Métodos de análisis para carotenoides

Los carotenoides son extraídos con solventes no polares, excepto si se encuentran como glicósidos formando complejos con proteínas. En un tejido seco se utilizan solventes no miscibles con agua (Ej. éter dietílico, éter de petróleo), y en tejido fresco un solvente como acetona o etanol actúa como agente deshidratador y extractante (Goodwin, 1980).

Si existe gran cantidad de lípidos en el extracto es necesario saponificar el material (hidrólisis alcalina).

Los fraccionamientos preliminares del extracto con carotenoides, comúnmente se realizan por cromatografía de columna abierta o por partición entre solventes no miscibles. Subsecuente separación de fracciones se realiza por cromatografía en papel o en capa fina. Los productos aislados son cristalizados o analizados por sus propiedades físicas directamente (espectro de absorción UV-Vis, espectro IR, espectrómetro de masas, resonancia magnética nuclear, dispersión rotatoria óptica y dicroísmo, cristalografía de Rayos X) (Goodwin, 1980).

La cromatografía líquida de alta resolución se introdujo hace algunos años para separar mezclas complejas de carotenoides, y ha obtenido gran popularidad por su gran potencial analítico (Goodwin, 1980).

i) *El método en columna abierta* (Rodríguez-Amaya, et al.)

En el pasado, el contenido de vitamina A de los alimentos de origen vegetal era calculado a partir del contenido total de carotenoides. El error en dicho procedimiento era considerable en alimentos con proporciones mayores de carotenos inactivos que de beta-caroteno (Rodríguez-Amaya, 1989). A pesar de estas limitaciones, este método, adecuadamente utilizado,

puede servir para la determinación cuantitativa de la composición de carotenoides como se ha hecho en Campinas, Brasil (Rodríguez, 1976).

Cuando el objetivo primordial es calcular el contenido de carotenos provitamina A, el método en columna abierta es el siguiente (Molina Cruz, 1987).

1. Se extrae la muestra con acetona fría con la ayuda de célite para la posterior filtración. Esta operación es repetida (dos o tres veces) hasta lograr la extracción total del color.
2. Los carotenoides extraídos son pasados a éter de petróleo en un embudo de separación. Para evitar la formación de emulsiones y la pérdida de carotenos en la fase acuosa, una pequeña porción de acetona se agrega cada vez, seguido de lavados con agua evitando al máximo la agitación del sistema. Luego de haber agregado todo el extracto, el éter es lavado de cuatro a cinco veces con agua para eliminar las trazas de acetona.
3. Se elimina el agua residual del extracto con sulfato de sodio anhidro y luego la solución es concentrada en un evaporador a una temperatura inferior a 35°C.
4. La separación de los carotenoides se lleva a cabo en cromatografía en columna con MgO:Hyflo Supercel (1:1). El éter etílico en éter de petróleo en concentraciones crecientes actúa como mezcla elutora, que luego es reemplazada con acetona en éter de petróleo en concentraciones crecientes.
5. Las fracciones colectadas visualmente son lavadas con agua para remover la acetona, secadas con sulfato de sodio y llevadas a volumen adecuado.
6. Se obtienen los espectros de absorción de los carotenoides. Las concentraciones de los carotenoides activos son calculadas utilizando los valores de absorbancia y los

correspondientes coeficientes de absorvidad descritos por Davies (1976) (Cuadro No. 2, de Anexos).

ii) *El método por cromatografía líquida de alta resolución*

La cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), como cualquier otra técnica cromatográfica, es una separación física de sustancias entre una fase estacionaria y otra móvil. En este caso la fase estacionaria es un material de partículas pequeñas que se encuentra empacado en una columna metálica (diámetro de 2-5 mm). La columna es reutilizable, y por lo compacto de la fase estacionaria, la fase móvil requiere de presiones mayores a la atmosférica para que fluya por ella. La versatilidad de la técnica se debe a la gran cantidad de diferentes fases estacionarias que pueden ser utilizadas (Molina Cruz, 1987).

Con base en la naturaleza de la fase estacionaria y al tipo de proceso de separación, la cromatografía líquida de alta resolución se ha dividido en 4 clases:

(1) Cromatografía por adsorción (o líquida-sólida).

Su fase estacionaria es un adsorbente y la separación se basa en procesos repetidos de adsorción-deadsorción.

(2) Cromatografía de partición (o líquida-líquida).

La fase estacionaria tiene moléculas unidas a un soporte. La separación ocurre por partición entre esta fase "líquida" de la fase estacionaria y la fase móvil.

Con respecto a la relación de polaridad fase móvil-fase estacionaria, en cromatografía de Fase Normal, la segunda es más polar que la primera y la Fase Reversa se refiere al contrario.

(3) Cromatografía por intercambio iónico.

La fase estacionaria tiene cargas iónicas en su superficie. Las partículas cargadas de la muestra son separadas al ser retenidas o no de acuerdo a su tipo y magnitud de carga, la cual puede controlarse con una solución amortiguadora en la fase móvil.

(4) Cromatografía por exclusión molecular (cromatografía en gel o tamiz molecular).

La fase estacionaria posee poros de tamaño controlado, las moléculas son separadas por su peso molecular (Molina Cruz, 1987).

La Figura 3.2 muestra los componentes básicos de un sistema de cromatografía líquida de alta resolución (Yost, Ettre y Colon, 1980).

El método por HPLC tiene las siguientes ventajas para el análisis de carotenoides:

(1) Rapidez y facilidad de análisis.

Se reduce drásticamente el tiempo requerido en los sistemas clásicos de columna abierta, los que a menudo no logran buenas separaciones por degradación debida a la larga exposición de las sustancias al oxígeno, la luz, los solventes y los adsorbentes (Simpson, 1987; Zakaria y Simpson, 1979).

(2) Alta resolución y reproducibilidad.

(3) Hace posible la separación de pigmentos muy similares.

(4) Requiere de poca cantidad de muestra.

Los sistemas comúnmente empleados son de fase reversa (fase móvil más polar que la estacionaria), utilizándose ya sea con fase móvil isocrática o con gradiente. El detector seleccionado es el Espectrofotométrico UV-Vis, aprovechando la alta absorción de los carotenoides en la región de 450 a 470 nm (Molina Cruz, 1987).

En el cuadro No. 3 (Anexos) se presenta una revisión de métodos desarrollados para el análisis de carotenoides por cromatografía líquida de alta resolución (Molina Cruz, 1987).

iii) Comparación de métodos para la determinación de provitamina A por HPLC de fase reversa

Una buena separación de las diferentes provitaminas usando cromatografía en columna abierta (CCA) depende de la habilidad del analista para la separación de los diferentes carotenos. El método de HPLC de estándar externo (HPLC-EI) requiere un suministro constante de provitaminas estándar, sin embargo, variantes en la pureza de los estándares comerciales y la alta inestabilidad de estos compuestos puede traer graves problemas. Debido a la estabilidad del Sudán, el método de HPLC de estándar interno (HPLC-EI) parece ser el más adecuado. Sin embargo con este procedimiento es necesario previamente realizar una cromatografía, que elimine clorofilas dihidroxi y polioxi-carotenoide, utilizando en una minicolumna con MgO:Hyflo Supercel.

La diferencia entre la estructura del sudán y de las provitaminas no afecta los resultados cuantitativos. La separación cromatográfica, identificación y cuantificación de provitaminas es fácilmente establecida si se utiliza el método HPLC-EI complementado con la CCA (Carvalho, 1992; Collins y Rodríguez-Amaya, 1989).

IV. JUSTIFICACIONES

La insuficiencia de vitamina A en la dieta continúa siendo un problema de salud pública en varios países de Centro América, especialmente Guatemala, Honduras, Nicaragua y El Salvador, citados en orden creciente de la gravedad del problema. Esta deficiencia está siendo superada con la fortificación del azúcar con vitamina A. Sin embargo, idealmente sería mejor que este nutriente proviniera de fuentes naturales. Es indispensable buscar y promover alimentos ricos en vitamina A, que satisfagan o complementen las necesidades de vitamina A de las poblaciones. Por otro lado, el consumo de azúcar por niños menores de 3 años impide que se alcancen las recomendaciones dietéticas diarias, haciendo necesario estimular el consumo de alimentos ricos en vitamina A. Preparaciones elaboradas con camote, güicoy y plátano son aceptadas fácilmente, incluyendo pre-escolares, y todas ellas pueden aportar cantidades importantes de carotenoides pro-vitamina A.

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) ha desarrollado tres variedades de plátano y banano altamente productivas, y cuyo cultivo es casi independiente del control químico de plagas. Debido a lo mencionado anteriormente, es importante establecer el valor pro-vitamina A de las nuevas variedades de banano y plátano desarrollados por la FHIA, para justificar el aumento de su utilización como buenas fuentes de este nutriente en la región centroamericana.

V. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

1. Determinar el contenido de carotenoides pro-vitamina A de las variedades tetraploides FHIA 1, 3, / 21, en comparación con sus equivalentes triploides actualmente utilizados, el banano Cavendish, el banano tipo majunche y el plátano macho, respectivamente

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer el contenido de carotenoides pro-vitamina A que existen en las frutas de las variedades de banano y plátano FHIA 1, 3, 21, Cavendish, tipo majunche y plátano macho en dos estados de consumo: verde (etapa 1) y maduro (etapa 5).
2. Obtener datos preliminares sobre la composición nutricional básica y de ácido ascórbico de las variedades de banano y plátano FHIA 1,3,21, cavendish, tipo majunche y plátano macho.
3. Estimar los cambios en el contenido de carotenoides pro-vitamina A de los frutos de musáceas debidos a cocción y fritura.

VI. HIPÓTESIS

1. El contenido alto de carotenoides pro-vitamina A descubierto en el plátano macho está genéticamente codificado en el genoma B, por lo que las variedades de musáceas con más juegos de genomas B poseen mayor contenido de pigmentos pro vitamina A.
2. La maduración de los plátanos y bananos reduce su contenido de carotenoides pro-vitamina A.
3. La cocción de los frutos de musáceas reduce poco el contenido de carotenoides pro-vitamina A.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. UNIVERSO DE TRABAJO

Muestras de cada variedad de musácea (plátano o banano) del tipo tetraploide FHIA 1,3,21 y de sus equivalentes triploides banano Cavendish, guineo Majunche y plátano macho, fueron tomadas sistemáticamente por la FHIA en 4 ocasiones distintas, durante un período de 2 meses y medio. Las plantas de donde procedieron los frutos fueron cultivadas en el campo experimental de la FHIA, en La Ceiba, Honduras, sujetos a idénticas condiciones climáticas y agronómicas.

B. RECURSOS

1. Humanos

- Br. Karla Andrea Molina Meza (tesista)
- Dr. Omar Dary (Asesor)

2. Institucionales

- Laboratorio Especializado de Química y Bioquímica del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

3. Físicos

- Biblioteca del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).
- Biblioteca del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI).
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

4. Recursos materiales

a) Materiales de laboratorio y Equipo

- Balanza semianalítica (± 0.001 g)
- Columna Micropak SP C18-3 (4mm I.D. 0.25 mm O.D. 150 mm long)
- Cromatógrafo líquido constituido por:
 - Cromatógrafo Varian 5500 con detector UV
 - Automuestreador Vista 9090
 - Interfase Varian IIM-A
 - Sistema procesador de datos DS-654
 - Impresora HP ThinJet
 - Rotavapor
 - Procesadora de alimentos de 2 velocidades Bati-Max de Cocina.
 - Balanza analítica

b) Cristalería

- Ampollas de decantación de 500 ml.
- Beakers plásticos de 500 ml.
- Beakers de vidrio de 50 ml.
- Balones de fondo plano 24/40 de 250 ml. con tapón esmerilado
- Buretas de 25 ml.
- Balón volumétrico de 100 ml.
- Embudos Buchner

- Espátulas de metal
- Frascos de vidrio ámbar de 5 - 10 ml.
- Frascos Mason para licuadora de 500 ml.
- Kitazatos de 500 ml.
- Kitazatos de 100 ml.
- Manguera de 7 mm. diámetro interno
- Pipeta volumétrica de 5 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Taponos de hule No. 5, 8 y 9
- Tubos de ensayo de 20 ml.
- Varillas de vidrio

c) Reactivos

- Acetona (CH_3COCH_3), P.M. 58.08 g/mol, pureza 99.5%, grado reactivo, E.M. Industries, AX 01203,
- Acetonitrilo (CH_3CN), P.M. 41.05 g/mol, $d= 0.786$ g/ml. pureza 99.9% grado analítico. J.T. Baker, Art. 9017.
- Agua destilada
- Agua grado HPLC (bidestilada, desionizada y filtrada)
- Célite (tierra de diatomeas, ayuda filtrante), grado analítico, Jonhs Mansville, US 1992547.
- Eter de Petróleo, $d= 0.65$ g/ml, Pureza 99.9%, grado analítico, Merck.

- Metanol (CH_3OH) P.M. 32.04 g/mol, $d= 0.791$ g/ml, pureza 100%, grado HPLC. J.T. Baker Art. 9093.
- Oxido de Magnesio (MgO) P.M. 40.3 g/mol, grado analítico, J.T. Baker, Art. 1-2480.
- Hyflo Super Cel, Fisher Chemical, Lot No. 920163. USA.
- Nitrógeno (N_2) para evaporar, P.M. 28.01 g/mol, pureza 99.9%, grado analítico. Alrich Chemical.
- Sudán I patrón, ($\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}$), P.M. 248.29 g/mol, grado analítico. Sigma.
- Sulfato de sodio anhidro, (Na_2SO_4), P.M. 142.04 g/mol, pureza 99%, grado analítico, Merck, TA 283349.
- Tetrahidrofurfano ($\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$), P.M. 72.11 g/mol, $d= 0.882$ g/ml, pureza 100 %, grado HPLC. J.T. Baker Art. 9440-03.
- β -caroteno, patrón. Sigma.

C. Procedimiento

1. Preparación de Soluciones

A. Solución estándar de Sudán I (100 ppm en acetona)

En un beaker de 100 ml pesar 10 mg de Sudan I, disolver en unos 80 ml. de acetona, trasladar a un balón volumétrico y luego aforar a 100 ml con acetona.

B. Solución de acetona en éter de petróleo al 5% v/v

En un balón volumétrico de 100 ml agregar 5 ml de acetona y llevar a 100 ml con éter de petróleo.

C. Mezcla de Hyflo Super Cel:MgO (1:1)

Pesar igual cantidad de Hyflo Super Cel y Oxido de Magnesio y mezclar, estos reactivos deben estar bien secos.

2. Preparación de los patrones (estándares)

a) Beta-Caroteno

Pesar exactamente 5 mg de β -caroteno, disolverlo en hexano grado HPLC y llevarlo a 1000 ml. (para obtener una concentración aproximada de 5 $\mu\text{g/ml}$). Se verifica la concentración de esta solución por la ley de Beer:

$$A = \epsilon b c$$

donde: ϵ , es la absortividad molar del β -caroteno

b, es el ancho de la celda que en cm.

c, es la concentración del β -caroteno a una longitud de onda de 451 nm, en donde:

El coeficiente de absortividad al 1% ($E_{1\%}$) para el β -caroteno es 2490, con el cual se puede determinar la concentración real de las soluciones estándar.

$$\epsilon = [2490(\text{absorbancia})] * [1 \cdot 10^4 \mu\text{g/ml}]$$

Una vez hecha la corrección y sabiendo la concentración real de la solución, se preparan las diferentes diluciones del patrón a 1,2,3,4,5,10,15 y 25 $\mu\text{g/ml}$. Se filtra cada solución estándar en un filtro de 0.45 μm y se inyectan en el equipo de HPLC.

b) Alfa-Caroteno

Esta solución se prepara exactamente igual que la anterior, excepto por que la longitud de onda utilizada es 445, en donde el coeficiente de absorptividad al 1% ($E_{1\%}$) para el alfa-caroteno es 2690, con el cual se puede determinar la concentración real de las soluciones estándar.

$$\epsilon = [2690(\text{absorbancia})] * [1 \cdot 10^4 \mu\text{g/ml}]$$

3. Preparación de curvas estándar

Inyectar 10 μl de cada solución estándar : 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20 y 25 $\mu\text{g/ml}$ en el cromatógrafo liquido, las condiciones cromatográficas son:

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 (4mm I.D. 0.25mm O.D. 150 mm long)
Vol. Inyección:	10 μl .

Después hacer una gráfica ploteando las áreas de los picos vrs. la concentración de cada solución en $\mu\text{g/ml}$ y así obtener una curva:

$$y = mx + b$$

donde: $y = \text{Area del estándar}$

$x = \text{Concentración en } \mu\text{g/ml}$

$m =$ pendiente de la curva

$b =$ constante.

4. Extracción

- Se pesan 60 gramos de muestra (con zanahorias, tomates y papaya, alimentos que fueron utilizados en la validación del método, se necesitan de 10 a 30 gramos, debido a que su contenido de carotenoides es más alto que con las musáceas) (Carvalho, Collins, Rodríguez-Amaya, 1992) y se licúa con acetona de 200 a 300 mL en fracciones de 100 mL cada fracción. La solución total se filtra en un embudo de vidrio poroso.
- Se transfieren los carotenoides disueltos en acetona a una ampolla de separación que contenga de 60 a 100 ml de éter de petróleo. Luego se le agrega agua hasta llenarla y se deja reposar por aproximadamente 30 minutos. Después se efectúan lavados sucesivos de agua destilada, hasta que esta ya no tenga más acetona.
- La solución de carotenoides (fase etérea) se recoge en un balón de fondo plano con tapón esmerilado, que contenga sulfato de sodio anhidro, para quitar todo remanente de agua.

5. Cromatografía en Columna:

- En un rotavapor, se concentra la solución de carotenoides a un volumen de aproximadamente 15 ml.
- La solución de carotenos se pasa en una columna empacada con MgO:Hyflo Super Cel de 60 x 9 mm y sulfato de sodio anhidro granulado, utilizando un poco de vacío y eluyendo con acetona al 5% en éter de petróleo.
- El eluido se evapora con nitrógeno a sequedad en una campana de gases.

6. Análisis cromatográfico

- Se adicionan 0.45 ml de solución estándar de Sustancia I en acetona y se evapora a sequedad con nitrógeno.
- Se agregan 5.0 mL de acetona, se mezcla y se filtra en un filtro de 0.45 μm (MILLIPORE), para realizar la inyección de la muestra en el cromatógrafo (HPLC).

7. Inyección de la muestra

- Se lleva a cabo la cromatografía con las condiciones generales que se dieron para la preparación de la curva estándar.
- Se inyectan de 10 μl de muestra, preparada como se indicó anteriormente, esto hace en duplicado. Cada pico se identifica de acuerdo al tiempo de retención obtenido con los patrones.

8. Determinación de la concentración de cada compuesto

La concentración de β -caroteno en las muestras se calcula usando las curvas de calibración de 0 a 25 μg de alfa y beta-caroteno/mL, inyectada en las mismas condiciones cromatográficas que las muestras. Por ejemplo:

$$\text{Para beta-caroteno: } Y = 9241.471 X + 2661.628$$

$$\text{Para alfa-Caroteno: } Y = 9646.284 X + 2561.031$$

Donde: $Y = \text{Area de } \alpha \text{ ó } \beta\text{-caroteno}$

$X = \text{Concentración de } \alpha \text{ ó } \beta\text{-caroteno (}\mu\text{g/ml)}$

La concentración de alfa ó beta-caroteno en la muestra se calcula según la siguiente ecuación:

$$\text{Alfa ó Beta-caroteno } (\mu\text{g/g}) = (x)(v/p)$$

Los parámetros de la ecuación son los siguientes;

x = Concentración de α ó β -caroteno

según curva de calibración

v = Volumen de la solución eluída (5 mL).

p = Peso de la muestra seca (60 g).

D. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

1. Muestreo

Se utilizó un muestreo sistemático, que consistió en 6 envíos, 4 para los análisis planeados y 2 para posibles repeticiones. De cada envío se efectuaron 2 determinaciones de cada uno de los estados de maduración de los frutos, éstos fueron verde (etapa 1) y maduro (etapa 5). En cada determinación se utilizaron cuatro frutas (dedos) de cada variedad, que provinieron siempre de la tercera mano del racimo. Cada determinación se hizo en duplicado, y éstas se repitieron si los resultados quedaron afuera de la variación intrínseca esperada del método (10%). El estado de maduración verde(etapa 1) se refiere a la cosecha del fruto entre los 85 y 90 días después de la floración (la floración se da aproximadamente entre los 9 y 11 meses después de la siembra, dependiendo de las condiciones climatológicas). El estado maduro se refiere a los 20 días después del corte del fruto verde (ICAITI, 1976; Krezdorn, Campbell).

Los técnicos de la FHIA seleccionaron los frutos, procurando reducir al máximo la introducción de variables de tiempos de corte y manejo.

2. Tamaño de la muestra

El número de réplicas se calculó tomando en cuenta tiempo y costo de análisis por muestra, así como la siguiente ecuación:

$$N_i = 2(NC^2 S^2)/(\Delta^2)$$

donde: N_i = Tamaño de muestra
 NC = Nivel de confianza ($t_s = 3.77$)
 S^2 = Desviación Estándar
 Δ^2 = Error aceptado (15%)

Se estableció que 8 determinaciones resultaban ser suficientes para satisfacer el mínimo número de réplicas.

3. Análisis de Resultados

Los resultados se analizaron por el diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Se hizo comparación de medias de las cantidades de carotenos obtenidos para cada variedad de musácca, así mismo en cada uno de los dos estados de maduración seleccionados verde (etapa 1) y maduro (etapa 5).

Para detectar diferencias significativas entre medias, se aplicó el análisis de varianza ANDEVA ó ANOVA. También se utilizó a prueba de comparación de medias de Tukey y Duncan, y de contrastes ortogonales, para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

Adicionalmente, se obtuvieron datos preliminares del efecto de cocción y fritura sobre el contenido de carotenoides pro-vitamina A del material estudiado, así como datos de composición de macronutrientes y ácido ascórbico, los que pueden ser de utilidad para estudios subsiguientes.

Entre las comparaciones de medias de tratamientos se eligió la de Tukey por ser la más empleada y una de las más severas, y por lo tanto más confiables para hacer las deducciones. Para el ANDEVA se utilizaron todos los valores observados y no sus promedios, esto permite un análisis más confiable.

VIII. RESULTADOS

Según los resultados obtenidos, los valores de Equivalente Retinol (ER) para las musáceas tipo plátano están entre 60 y 325 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de muestra, mientras que las musáceas tipo banano entre 25-55 $\mu\text{g}/100\text{g}$ y las musáceas tipo majunche entre 10-39 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Cuadro 4 y gráfica 3).

Las variedades de musáceas que se consumen actualmente en Centroamérica (plátano macho, banano tipo majunche y banano Cavendish -llamadas en adelante plátano, majunche y banano-) presentan valores de ER entre 20-325 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de muestra en comparación con las variedades desarrolladas por la FHIA (FHIA-21, FHIA-03, FHIA-01) con un contenido de ER entre 10-145 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (Cuadro 4 y gráfica 3).

Para los plátanos verdes el contenido de ER obtenido es de $308.25 \pm 23.76 \mu\text{g}/100\text{g}$ y para los maduros $97.75 \pm 5.24 \mu\text{g}/100\text{g}$; para los bananos verdes se obtuvo $49.24 \pm 7.25 \mu\text{g}/100\text{g}$ y para los maduros $31.84 \pm 2.03 \text{mg}/100\text{g}$ (Cuadro 4).

Al efectuar el análisis estadístico de los datos obtenidos se determinó que sí existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de α , β -caroteno y ER en las variedades de musáceas (Cuadros 5 y 6).

El contenido de α , β -caroteno y ER de las seis variedades de musáceas estudiadas en el presente trabajo se muestran en la gráfica 4.

Según la prueba de Tukey, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de carotenoides pro-vitamina A en las musáceas sometidas al procesamiento por fritura, no así en las

que fueron sometidas a cocción por agua, en donde no hubo diferencia significativa (Gráfica 6, cuadros 7 y 8).

Se observó una disminución en el contenido de ER del 1.9% para las musáceas sometidas a cocción en agua y una disminución del 24.7% para las musáceas sometidas a fritura (Gráfica 6)

Para las 6 variedades de musáceas analizadas se obtuvo una pérdida de carotenoides pro-vitamina A (22-68%), debido a la maduración, exceptuando al majunche en donde se obtuvo una ganancia (38-72%) (Gráfica 5).

Las musáceas de la FHIA produjeron frutos más pesados que sus equivalentes (plátano, majunche y banano). Así mismo en casi todos los casos, los frutos maduros fueron más pesados que los verdes. Esto se puede explicar en gran parte porque presentan contenidos de humedad más elevados (Cuadro No. 12).

Se realizaron pruebas de contrastes ortogonales entre las parejas de los 3 tipos de musáceas estudiadas (Cuadros 9, 10 y 11)

Todos los datos individuales obtenidos, provenientes del análisis del contenido de carotenoides pro-vitamina A, se muestran en los cuadros 14 y 15.

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Por los resultados obtenidos se observa que desde el punto de vista nutricional, el plátano en estado verde es una buena fuente de vitamina A, ya que el consumo de 50 g de éste satisface aproximadamente el 40% de las recomendaciones dietéticas diarias (RDD = 180 μ g Equivalente Retinol) para un niño. El plátano FHIA-21 en estado verde satisface el 18% de la recomendación.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de ER para el plátano son de 300 μ g/100g, lo cual es mucho mayor que lo reportado en las tablas de composición de alimentos del INCAP (INCAP, 1968) para el plátano verde (198 μ g E. /100 g).

Las frutas de plátano en estado maduro, a pesar de tener un contenido menor de carotenoides, siguen siendo buenas fuentes de vitamina A, ya que el consumo de 50 g de plátano o FHIA-21 satisfarían el 12% y 8% de las recomendaciones, respectivamente. Sin embargo, aquí se está asumiendo que los carotenoides de estas frutas son altamente biodisponibles, situación que no se ha probado aún.

Considerando que un alimento se considera fuente de un nutrimento cuando una porción cubre el 50% de las RDD y rico cuando cubre el 25% de las mismas; únicamente el plátano se puede considerar como un alimento rico en vitamina A.

Con la prueba de Tukey se obtuvo que entre el contenido de α -caroteno y β -caroteno si hay diferencia significativa en cada una de las variedades analizadas, con la excepción del majunche y su homólogo -FHIA 03- en los cuales no hay diferencia significativa entre el contenido de α -carotenos.

Para todas las musáceas se obtuvo en todos los casos una gran pérdida de carotenoides pro-vitamina A al pasar de estado verde a maduro (22-68%), la única excepción fue el majunche, que en lugar de presentar pérdida, presentó un aumento en el contenido de carotenoides pro-vitamina A (38-72%). Esto puede ser debido a la baja cantidad de carotenoides que posee el majunche, lo cual puede reportar un error en los resultados.

En general se observó que el contenido de ER no mostró cambio significativo ($p < 0.05$) después del procesamiento de cocción en agua (pérdida del 1.9%); no así en el procesamiento de fritura que mostró una gran disminución (24.7%) en dicho contenido (Gráfica 6, cuadros 6 y 7).

Si en lugar de considerar el contenido de ER, se considera cada uno de los carotenoides por separado, se obtiene que para el contenido de α -Caroteno hubo aumento debido al proceso de cocción en agua (16.5%) y una disminución debido al proceso de fritura (17.8%); para el contenido de β -Caroteno hubo una disminución para ambos procesos.

El aumento en el contenido de α -Caroteno no es el resultado esperado, debido a que los carotenos son altamente degradables. La razón de este fenómeno puede deberse a que después de cocidas las musáceas, se da una mejor extracción de los carotenos debido a la destrucción de las estructuras celulares de los frutos. Este fenómeno, aunque parece contradictorio, se ha observado también en el análisis de otros alimentos como zanahorias y güicoyes.¹ En el caso del proceso de fritura no se observó un aumento debido a que la temperatura de cocción es mucho mayor y en este caso si se produjo el proceso de degradación en los carotenos.

¹ Todos los resultados están calculados en base seca, por lo que no es necesario considerar pérdidas/ganancias por humedad.

El hecho de que los carotenoides pro-vitamina A de las musáceas son poco afectados por procesamientos, lleva a pensar que probablemente se mantengan también en harinas. Si esto fuera cierto, sería muy atractivo pensar en utilizar estas harinas como buenos ingredientes para preparación de alimentos infantiles, sobre todo considerando que se estaría eliminando la mayor parte del agua que es lo que aumenta el volumen de estas frutas.

Con relación al análisis proximal de todas las muestras se puede afirmar que los resultados obtenidos son muy similares a los que se encuentran en las tablas de composición de alimentos del INCAP (INCAP, 1968) y no existe mayor diferencia entre todas las variedades de musáceas (Cuadros 12 y 13).

Es interesante hacer notar que las variedades de la FHIA presentan un contenido ligeramente mayor de ácido ascórbico que sus equivalentes (plátano, majunche y banano). Esto es importante ya que puede ser el origen de las observaciones hechas por científicos de la FHIA que señalan que las variedades de la FHIA ennegrecen más lentamente que sus equivalentes. Sin embargo, esta suposición debiera confirmarse con la determinación en mayor número de muestras de éste y otros metabolitos que actúan como antioxidantes.

Los resultados de este trabajo descartan la primera hipótesis de las Tres que originalmente se plantearon. Es falso suponer que el genoma B de las musáceas codifica la mayor síntesis de carotenoides, ya que los majunches poseen dos juegos de genomas tipo B y su contenido de carotenoides fue el menor.

Por otro lado, la segunda hipótesis se pudo comprobar, ya que la maduración efectivamente reduce el nivel de carotenoides pro-vitamina A. Los frutos maduros -con excepción

de los majunches- contienen menor cantidad de estas sustancias, aún cuando el color de la parte comestible de la fruta es un verde pálido, lo que no conduce a pensar que su contenido en carotenoides pro-vitamina A sea alto.

Finalmente, la tercera hipótesis también fue aceptada, pues el contenido de carotenoides de los frutos de las musáceas aparentemente permanecen sin alteraciones durante procesos de cocción.

X. CONCLUSIONES

1. De todas las variedades de musáceas analizadas, presentan mayor cantidad de carotenoides pro-vitamina A las musáceas tipo plátano, luego las tipo bananos y por último las tipo majunches.
2. Entre el plátano macho y su homólogo -FHIA 21-, tiene mayor cantidad de beta carotenos el plátano, mientras que en el estado maduro el contenido de alfa carotenos en el FHIA 21 es mayor que el plátano.
3. Entre el banano tipo majunche y el FHIA-03 no se observó diferencia significativa en el contenido de alfa carotenos, mientras que en el contenido de beta carotenos si hubo diferencia significativa: en estado maduro tiene mayor cantidad el FHIA-03 y en estado verde tiene mayor cantidad el banano tipo majunche.
4. Entre el banano Cavendish y el FHIA-01, en estado verde tiene mayor cantidad de alfa-caroteno el banano, mientras que en estado maduro no se observó diferencia significativa.
5. Existe una clara tendencia de que todas las variedades de musáceas -excepto el banano tipo majunche- presentaron mayor cantidad de carotenoides pro-vitamina A en el estado verde que en el maduro.
6. Las variedades de musáceas nativas (triploides) presentaron mayor cantidad carotenoides pro-vitamina A en comparación con las variedades de la FHIA (tetraploides), lo cual muestra que el genoma B incorporado a los tetraploides no tiene relación con dicho contenido.

7. El contenido de carotenoides de las musáceas no es afectado grandemente por los tratamientos culinarios de cocción con agua y fritura. El contenido de carotenoides pro-vitamina A aumentó levemente en procesamiento por cocción en agua y disminuyó levemente en el procesamiento por fritura.
8. El consumo de 50 g de plátano macho verde satisface aproximadamente el 40% de las recomendaciones diarias para un niño y el FHIA-21 verde satisface el 18% de dichas recomendaciones.
9. El estado maduro de las variedades de plátano macho y FHIA-21 son alimentos que proveen cantidades importantes de vitamina A, ya que 50 g satisfacen el 12 y 8% de las recomendaciones diarias, respectivamente.
10. Las variedades de musáceas de la FHIA contienen mayor contenido de ácido ascórbico, lo cual puede estar explicando el hecho de que se ennegrecen más lentamente en contacto con el aire que las variedades nativas.

XI. RECOMENDACIONES

1. Es sumamente importante llevar a cabo algún tipo de estudio que determine la biodisponibilidad de los carotenoides pro-vitamina A de las musáceas, ya que teniendo cantidades considerables de este nutriente, las musáceas podrían seleccionarse como alimentos de la dieta que aporten una buena proporción de las recomendaciones dietéticas diarias de vitamina A.
2. Determinar el grado de estabilidad de los carotenoides pro-vitamina A de los frutos de las musáceas cuando se les procesa hasta harinas. Debe evaluarse las transformaciones que puedan ocurrir tanto de los isómeros trans- como de los isómeros cis-.
3. Establecer las razones químicas por las que los frutos de las variedades tetraploides ennegrecen más lentamente en contacto con el aire que aquéllos de las equivalentes triploides.
4. Se deben implementar programas para estimular a la población especialmente urbana al consumo de las musáceas verdes, por ser éstas, más ricas en carotenoides que las musáceas maduras.

XII. REFERENCIAS

1. Bendich A., Bureau J.L., Bushway R.J. y Olson J. A., Biological Action of Carotenoids. *Faseb J.* 1989; 3(8): 1927-32.
2. Caballero de Chávez, L. *Variación en el contenido de vitamina A en acelga cruda y sometida a diferentes tipos de almacenamiento y cocción.* Guatemala., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1995, 77 p.
3. Carvalho P.R.N., Collins C.H. y Rodríguez-Amaya D.B. Comparison of Provitamin A Determination by Normal-Phase Gravity-Flow Column Chromatography and Reversed-Phased High Performance Liquid Chromatography. *Chromatographia*, 1992;33:133-137.
4. Chandler L.A., y Schwartz S.J. Isomerization and Losses of Trans-b-caroteno in Sweet Potatoes as Affected by Processing Treatments. *J. Agric. Food Chem.*, 1988;35:129-133.
5. Davies B.H. Carotenoids. En: Goodwin T.W. (De). *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments.* Vol.2. London, Academic Press, 1976a; pp. 217-235
6. Davies B.H. Carotenoids. En: Goodwin TW (Ed). *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments.*, 2 ed., Vol 2. London, Academic Press, 1976a; pp. 38-65.
7. De Ritter E. y Purcel A.E. Carotenoid Analytical Methods. En: *Carotenoids as Colorants and Vitamin A precursors.* London, Academic Press, 1981; pp. 102-109
8. FAO/OMS. *Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12.* Estudio FAO: Alimentación y Nutrición No. 23. Roma, FAO, 1991, 124 p.

9. FAO/OMS. *Necesidades de Vitamina A, Tiamina, Riboflavina y Niacina*. FAO: Alimentación y Nutrición No. 8. Roma, FAO, 1967. 152 p.
10. Fennema O. *Principles of Food Science*. New York, Marcel Dekker, 1976, 417p.
11. FHIA/INCAP
12. Goodwin T.W., *The Biochemistry of the Carotenoids*. Vol I. *Plants*. London, Chapman and Hall, 1980; pp. 23-27
13. Harborne JB. *Phytochemical Methods*. London, Chapman and Hall. 1982. p. 126-127.
14. ICAITI, *Guía para la exportación de productos agrícolas no tradicionales*. Plátano. Guatemala, ICAITI, 1976.
15. Krczdom, A., Campbell, C. *Information Packet on Selected Tropical Fruits*. Guatemala. Research Group, Inc. and Development Group, Inc. Submitted to Agency for International.
16. Molina Cruz, A. *Carotenoides del aceite de y subproductos de palma africana como fuente de pigmentación para yema de huevo*. Guatemala., Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades., 1987., 91p.
17. Olson, J.A. *Vitamin A, Present Knowledge in Nutrition*. 6 ed. Washington., International Life Sciences Institute. Nutrition Foundation. 1992. Chapter 11.
18. Parkinson C.E. y Ga I. Factors Affecting the Laboratory Management of Human Serum and Liver Vitamin A Analyses. *Clin. Chem. Acta* , 1972; **40**:83-89.
19. Rodríguez-Amaya D.B., et. al. Carotenoid Pigment Changes in Ripening Momordica Charantia Fruits. *Annual. Bot.*, 1976; **40**:615-624.

20. Roche, *Vitamins, Basic*. Nutrition Research and Information. First Edition, Hoffmann-La Roche, Basel, Suiza, 1994.
21. Rodríguez-Amaya D.B. Critical Review of Provitamin A Determination in Plants Foods. *J. Micromutr. Anal.*, 1989; 5:191-225.
22. Rojas, U., *Elementos de Botánica General*. Guatemala, C.A., Tipografía Nacional., 1936. pp. 481, 1167-1168.
23. Ruiz Orónoz, M. *Tratado Elemental de Botánica*. 5 Edición. México, D.F., Editorial Porrúa, S.A., 1958. pp. 606-611.
24. Simpson, KL. *Biochemical Methodology for the Assessment of Carotenenes*. Washington, International Vitamin A Consultative Group., 1987., 47 p.
25. Sweeney J.P. y Marsh A.C. Separation of Carotene Stereoisomers in Vegetables. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 1970a; 53:937-940.
26. Sweeney J.P. y Marsh A.C. Effect of processing on Provitamin A in Vegetables. *J. Am. Diet. Assoc.*, 1970b; 59:238-243.
27. Yost R.W., Ettore L.S. y Colon R.D. *Practical Liquid Chromatography - An Introduction*. Norwalk, Perkin-Elmer, 1980.
28. Zakaria M. y Simpson K. Use of Reversed-Phase High Performance Liquid Chromatography Analysis for the Determination of Provitamin A Carotenenes in Tomatoes. *J. Chromat.*, 1979; 176:109-117.

XIII. ANEXOS

1. CUADROS

Cuadro No. 1
Necesidades estimadas de Vitamina A
(μ g de Equivalentes de Retinol al día)

GRUPO	EDAD	NECESIDAD BASAL	NIVEL DE SEGURIDAD
AMBOS SEXOS	0-1	180	350
	1-6	200	400
	6-10	250	400
	12-15	350	600
HOMBRES	18+	300	600
MUJERES	18+	270	500
MUJERES LACTANTES		450	850

Tomado de FAO/OMS. Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición No. 23. Roma, FAO, 1991, 124 p.

Cuadro No. 2
Características de Carotenos presentes en Alimentos

Caroteno	Actividad Biológica %	Máximos de Absorción (1)	Cof. Absortividad (Long. onda, Solv.)	Pruebas Químicas
Beta-Caroteno	100	(425),448,475	2592(453 nm EP)	
alfa-Caroteno	50-54	422,444,473	2800(444 nm EP)	
Zeta-Caroteno	Inactivo	378,400,425	2555(400 nm HEX)	
Beta-Zeacaroteno	20-40	406,428,454	2520(428 nm EP)	
Delta-Caroteno	Inactivo	431,456,489	3290(456 nm EP)	
Licopeno	Inactivo	446,472,505	3450 (472 nm EP)	
5-6 Monoepoxi-Beta-Caroteno	21	(423),444,473	2590 (446 nm HEX)	Test de epóxidos Efecto hipsocrómico 20nm con HCl dil(2)
Alfa-Criptoxantina	Activo (No determinado)	422,444,473	2636 (446 nm HEX)	Acetilación + Metilación +
Beta-Criptoxantina	50-60	(425),449,476	2386 (452 nm EP)	Acetilación + Metilación -
5-6 Monoepoxi-Beta-Criptoxantina	Activo (No determinado)	(422),444,473		Acetilación + Metilación - Efecto Hipsocrómico 20 nm con HCl dil.
Gama-Caroteno	42-50	437,462,494	3100 (462 nm EP)	
Zeinoxantina	Inactivo	422,444,473	2636 (446 nm HEX)	Acetilación + Metilación -
Neo-Beta-Caroteno B	53	335,(418),442,468	1930 (444 nm 1.5% p-metilanisol EP)	
Neo-Beta-Caroteno U	38	337,(419),445,472	2360 (449 nm 0.5% p-metilanisol EP)	

1. Los valores entre paréntesis indican un hombro.
2. Color amarillo en capa fina, cambia a azul o verde con HCl.
3. Tomado de Molina Cruz, A. *Carotenoides del aceite de y subproductos de palma africana como fuente de pigmentación para yema de huevo*, 1987, 91 p.

Cuadro No. 3
Condiciones de distintos sistemas para Cromatografía Líquida
de Alta Resolución empleados en separación de carotenoides

Material extraído (Pigmentos) Longitud de onda del detector	COLUMNA	FASE MÓVIL
Tomate (licopeno, alfa-B-caroteno) 470nm	Partisil-PXS5/ODS (Whatman)	CHCL ₃ en AN (8%) 2 ml/min
Mora, zanahoria, para alfa, b-caroteno) 470nm	Partisil 5 ODS (Whatman)	AN:THF:H ₂ O (85:12.5:2.5) 2 ml/min
Estándares (luteína, zeaxantina, cantaxantina, B-criptoxantina, equinenona, licopeno, toruleno, alfa y B-caroteno) 450 nm	Zorbax-ODS (Du Pont)	AN:CH ₂ Cl ₂ :CH ₃ OH (70:20:10) 1 ml/min
Follaje de col (B-caroteno, clorofila A, clorofila B)	MicroPak Si-5 (Silica) MicroPak MCH-10	Isooctanol:isopropanol (99:1 a 85:15 v/v) 1 ml/min
Suero (alfa y B-caroteno) 462 nm	Bondapak C-18-micro	AN:CHCL ₃ (92:8) 2 ml/min
Plasma humano (alfa y B-caroteno, licopeno) 450 nm	Ultraspher ODS (Altex)	5% H ₂ O en CH ₃ OH a 4% THF en CH ₃ OH
	Supelcosil LC-18 (Supelco)	100% CH ₃ OH, ambas a 2 ml/min
Carotenoides aislados	Spherisorb 5mcm	0 a 40% Acet. en hexano:CH ₃ OH (99:1)
Cloroplastos de espinaca	Nucosil 50-55 mcm	Isooctano 98% en hexano:etanol (99:10)
Hojas de espinaca	Silica gel SS-10 C18	1 a 10% isopropanol en hexano
Algas verdes	Sorb-Sil 60-D 10 C18	50 a 100% CH ₃ OH en etanol, 0 a 15% H ₂ O en CH ₃ OH
Carotenoides aislados	Nucleosil 10 C18	40 a 50% H ₂ O en acetona
Frutas vegetales (alfa, y B-caroteno, B-criptoxantina) 470 nm	Partisil 5 ODS (Whatman)	AN:THF:H ₂ O (85:12.5:2.5) 2 ml/min
Frutas y vegetales (alfa y B-caroteno) 470 nm	Vydac 218-TP-54	AN:CH ₃ OH:THF (40:56:4) 1 ml/min
Chile pimiento (capsorubina, violanxantina, capsantina y zeaxantina, criptocapsina, criptoxantina, B-caroteno) 510, 480, 460, 428 nm.	Zorbax C-18	Acetona:H ₂ O (75:25) pasando a Acetona:CH ₃ OH (75:25) 1 ml/min

Tomado de Molina Cruz, A. *Carotenoides del aceite de y subproductos de palma africana como fuente de pigmentación para yema de huevo*, 1987, 91 p.

Cuadro No. 3 (continuación) *

Material extraído (Pigmentos) Longitud de onda del detector	COLUMNA	FASE MÓVIL
Algas verdes y espinaca	LiChrosorb RP-8 10 mcm Sil 60-RP 18 10 mcm	75 a 100% AN:CH ₃ OH en H ₂ O
Queso	Lichrosorb Si 60 5 mcm	Metil-etil cetona hexano (10:90)
Espinaca	Lichrosorb RP-18 10 mcm	AN:CH ₃ OH (85:15) Hexano:CH ₃ OH (25:75)
Plasma humano (Retinol, alfa tocoferol, licopeno, alfa y B-caroteno) 280 y 436 nm	Radial Pack C18 10 mcm (Waters)	100% CH ₃ OH seguido CH ₃ OH:AN:CHCl ₃ (47:42:11) 2 ml/min
Plasma humano (Retinol, alfa tocoferol, licopeno, zeaxantina, alfa y B-caroteno) 280 y 436 nm	Radial Pack C18 5 mcm (Waters)	CH ₃ OH:AN:CHCl ₃ (25:60:15) 1.5 ml/min
Plasma y Suero humano (B-caroteno) 436 nm	Altex ultrasphere ODS, 5 mcm	AN:THF:CH ₃ OH 1% acetato de amonio (65:25: 6:4) 2.7 ml/min
Frutas y vegetales (alfa, B- y gama-carotenos, criptoxantina, licopeno, cantaxantina) 470 y 450 nm	5 mcm amino (IBM)	99.5% isooctano y 0.5 THF 1 ml/min
	5 mcm Spherisorb alumina (Phenomenex)	
	5 mcm Vydac 201-TP54	CH ₃ OH:CHCl ₃ (90:10)
	5 mcm Vydac 218-TP54	AN:CH ₃ OH:THF (58:35:7) 1 ml/min
	Zorbax ODS (Phenomenex)	AN:CH ₃ OH:THF (50:35:15) 1 ml/min
Zanahorias (alfa, b-, gama-caroteno, B-zeacaroteno y licopeno) 436 nm	Partosil 5 ODS-3 (Whatman)	AN:CH ₂ Cl ₂ :CH ₃ OH (82:12:16) 2 ml/min

CHCl₃ = Cloroformo

AN = Acetonitrilo

THF = Tetrahidrofurano

CH₂Cl₂ = Diclorometano

H₂O = Agua

CH₃OH = Metanol

Acet. = Acetona

mcm = micrometros

* Referencia: Molina Cruz, 1987

Cuadro No. 4
Contenido de Equivalente Retinol en seis variedades de musáceas crudas
($\mu\text{g}/100\text{g}$ de muestra)

Variedad	Estado	Peso/unidad (g)	Equivalentes Retinol
Plátano	Verde	156	308.25 \pm 23.76
Plátano	Maduro	210	97.75 \pm 5.24
FHIA-21	Verde	172	142.25 \pm 2.50
FHIA-21	Maduro	231	66.50 \pm 4.97
Majunche	Verde	83	16.10 \pm 2.53
Majunche	Maduro	75	22.74 \pm 3.80
FHIA-03	Verde	85	39.74 \pm 1.01
FHIA-03	Maduro	94	7.94 \pm 0.95
Banano	Verde	65	49.24 \pm 7.25
Banano	Maduro	86	31.84 \pm 2.03
FHIA-01	Verde	75	35.83 \pm 2.17
FHIA-01	Maduro	99	26.94 \pm 1.62

Cuadro No. 5
Análisis estadístico comparativo del contenido de carotenoides pro-vitamina A de Musáceas
crudas cultivables en Centroamérica.

ALFA	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	p>F
Modelo	47	8309882.0	176806.0	121.04	0.0001
Error	48	701140.0	1460.7		
Total Corregido	95	9379996.1			
BETA					
Modelo	47	11969016.7	254659.9	755.01	0.0001
Error	48	16191.1	337.29		
Total Corregido	95	11985206.8			
EQ. RETINOL					
Modelo	47	650767.52	13846.12	544.42	0.0001
Error	48	1220.78	25.43		
Total Corregido	95	651988.30			

Cuadro No. 6

Prueba de comparación de medias de Tukey para el contenido de carotenoides pro-Vitamina A en seis variedades de Musáceas en dos estados de maduración ($\mu\text{g}/100\text{g}$)

Variedad	Estado	Alfa		Beta		Eq. Retinol	
		Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
Plátano	Verde	1023.19	A	1337.67	A	308.25	A
Plátano	Maduro	337.35	C	418.71	C	97.75	C
FHIA 21	Verde	674.12	B	516.50	B	142.25	B
FHIA 21	Maduro	325.57	C	236.88	D	66.50	D
Majunche	Verde	15.74	G	88.75	G	16.10	Y
Majunche	Maduro	27.19	G	122.83	F	22.74	H
FHIA 03	Verde	45.33	G	119.46	H	39.74	J
FHIA03	Maduro	29.04	G	33.13	H	7.94	J
Banano	Verde	273.88	D	158.49	E	49.24	E
Banano	Maduro	156.61	E	112.71	F	31.84	F-G
FHIA 01	Verde	145.89	E-F	142.01	E	35.83	F
FHIA 01	Maduro	114.59	F	104.36	F-G	26.94	G-H

Cuadro No. 7

Análisis estadístico del efecto del procesamiento sobre el contenido de carotenoides pro-vitamina A de Musáceas cultivables en Centroamérica

ALFA	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	p>F
Modelo	52	11871092.0	228290.2	770.8	0.0001
Error	52	15401.0	296.2		
Total Corregido	104	11886493.0			
BETA					
Modelo	53	11595620.6	218785.3	241.2	0.0001
Error	60	54425.8	907.1		
Total Corregido	113	11650046.4			
EQ. RETINOL					
Modelo	53	676209.9	12758.7	237.6	0.001
Error	60	3222.5	53.7		
Total Corregido	113	679432.4			

En vista de lo anterior se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

Cuadro No. 8
Prueba de comparación de medias de Tukey para el contenido de carotenoides pro-
Vitamina A en seis variedades de Musáceas sometidas a procesamiento
($\mu\text{g}/100\text{g}$ en peso seco)

Proceso	Alfa		Beta		Eq. Retinol	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
Crudo	158.07	B	174.11	A	39.96	B
Cocido	184.16	A	147.83	B	39.20	B
Frito	129.88	A	115.26	A	30.09	A

Cuadro No. 9
Comparación de prueba de contrastes ortogonales del contenido de carotenoides pro-
Vitamina A de plátanos y FHIA-21

Contenido de ALFA CAROTENO

Estado	Plátano $\mu\text{g}/100\text{g}$	FHIA-21 $\mu\text{g}/100\text{g}$	Contrastes (l)	(t)
Verde	1023.19	674.12	349.07	18.27
Maduro	337.35	325.57	11.78	0.62
Total (X)	1360.54	999.69	360.85	13.35

Contenido de BETA Caroteno

Estado	Plátano $\mu\text{g}/100\text{g}$	FHIA-21 $\mu\text{g}/100\text{g}$	Contrastes (l)	(t)
Verde	1337.67	516.50	821.17	89.5
Maduro	418.71	236.87	181.84	19.8
Total (X)	1756.38	753.37	1003.01	76.6

Contenido de EQUIVALENTES RETINOL

Estado	Plátano $\mu\text{g}/100\text{g}$	FHIA-21 $\mu\text{g}/100\text{g}$	Contrastes (l)	(t)
Verde	308.25	142.25	166.00	66.0
Maduro	97.75	66.50	31.25	12.4
Total (X)	406.00	208.75	197.25	55.0

t crítico = 1.895

Cuadro No. 10
Comparación de prueba de contrastes ortogonales del contenido de carotenoides pro-
Vitamina A de majunche y FHIA-03

Contenido de ALFA Caroteno

Estado	Majunche µg/100g	FHIA-03 µg/100g	Contrastes (l)	(t)
Verde	15.74	45.33	29.58	1.5
Maduro	27.19	29.04	1.85	0.1
Total (X)	74.36	42.93	31.43	1.2

Contenido de BETA Caroteno

Estado	Majunche µg/100g	FHIA-03 µg/100g	Contrastes (l)	(t)
Verde	88.75	119.46	-30.71	-3.3
Maduro	122.83	33.13	89.7	9.8
Total (X)	211.58	152.59	58.99	4.5

Contenido de EQUIVALENTES RETINOL

Estado	Majunche µg/100g	FHIA-03 µg/100g	Contrastes (l)	(t)
Verde	16.10	39.74	-23.64	-9.4
Maduro	22.74	7.94	14.8	5.9
Total (X)	38.84	47.68	-8.84	-2.5

t crítico = 1.895

Cuadro No. 11
Comparación de prueba de contrastes ortogonales del contenido de carotenoides pro-
Vitamina A de Bananos y FHIA-01

Contenido de ALFA Caroteno

Estado	Banano µg/100g	FHIA-01 µg/100g	Contrastes (l)	(t)
Verde	273.87	145.89	127.98	6.7
Maduro	156.61	114.59	42.02	2.2
Total (X)	430.48	260.48	170.00	6.3

Contenido de BETA Caroteno

Estado	Banano µg/100g	FHIA-01 µg/100g	Contrastes (l)	(t)
Verde	158.49	142.01	16.48	1.8
Maduro	112.71	104.36	8.35	0.9
Total (X)	271.20	246.37	24.83	1.9

Contenido de EQUIVALENTES RETINOL

Estado	Banano µg/100g	FHIA-01 µg/100g	Contrastes (l)	(t)
Verde	49.24	35.83	13.41	5.3
Maduro	31.84	26.94	4.9	1.9
Total (X)	81.08	62.77	18.31	5.1

t crítico = 1.895

Cuadro No. 12
Análisis Proximal de seis variedades de Musáceas
g/100g

Variedad	Estado	Humedad	Ceniza	Fibra Cruda	Grasa	Proteína	Carbohidrato	Vitamina C mg/100g
Plátano	Verde	67.9	0.8	0.3	0.2	1.3	31.0	29.9
Plátano	Maduro	68.6	0.8	0.4	0.4	1.2	30.3	27.5
FHIA-21	Verde	70.1	0.8	0.4	0.3	1.1	28.8	33.5
FHIA-21	Maduro	78.1	0.6	0.3	0.2	0.8	21.1	30.8
Majunche	Verde	72.8	0.7	0.5	0.2	0.9	26.3	25.6
Majunche	Maduro	78.2	0.5	0.4	0.2	1.1	21.1	23.3
FHIA-03	Verde	76.2	0.9	0.4	0.2	0.8	22.7	28.3
FHIA-03	Maduro	81.8	0.6	0.3	0.2	0.6	17.4	26.8
Banano	Verde	74.6	0.8	0.3	0.2	1.2	24.4	21.2
Banano	Maduro	79.2	0.7	0.3	0.3	1.0	19.9	19.4
FHIA-01	Verde	73.3	0.8	0.5	0.3	1.1	25.6	22.9
FHIA-01	Maduro	80.4	0.6	0.2	0.2	1.1	18.9	21.1
COCIDO	Maduro	75.2						
FRITO	Maduro	48.7						

Cuadro No. 13
Análisis Proximal de Musáceas según las tablas de composición del INCAP
g/100g*

Variedad	Estado	Humedad	Ceniza	Fibra Cruda	Grasa	Proteína	Carbohidrato	Vitamina C mg/100g
Plátano	Verde	69.0	0.7	0.5	0.2	1.4	28.7	31.0
Plátano	Maduro	72.4	0.8	0.5	0.2	1.2	25.4	11.0
Banano	Verde	62.6	0.8	0.4	0.1	1.2	35.3	28.0
Banano	Maduro	65.6	0.8	0.5	0.3	1.0	32.3	20.0

* INCAP, Tablas de composición de alimentos de 1976.

Cuadro No. 14
Contenido de Carotenoides pro-Vitamina A
en todas las muestras de musáceas en estado crudo
($\mu\text{g}/100\text{g}$)

No.	VARIEDAD	ESTADO	REPLICA	ALFA	BETA	Eq.Ret.
1	Platano	Verde	1	1025.00	1215.48	288.00
2	Platano	Verde	2	1034.92	1184.69	283.69
3	Platano	Verde	3	924.01	1152.57	269.10
4	Platano	Verde	4	933.76	1247.60	285.75
5	Platano	Verde	5	932.29	1371.44	306.26
6	Platano	Verde	6	1021.37	1412.64	320.55
7	Platano	Verde	7	1290.96	1579.09	370.76
8	Platano	Verde	8	1023.20	1537.88	341.58
9	Platano	Maduro	1	339.48	467.43	106.20
10	Platano	Maduro	2	340.75	467.93	106.38
11	Platano	Maduro	3	330.79	443.23	101.44
12	Platano	Maduro	4	333.34	444.18	101.81
13	Platano	Maduro	5	328.41	370.60	89.13
14	Platano	Maduro	6	341.40	375.15	90.98
15	Platano	Maduro	7	347.97	418.64	98.77
16	Platano	Maduro	8	336.66	357.47	87.63
17	FHIA21	Verde	1	628.71	531.56	140.99
18	FHIA21	Verde	2	594.78	528.22	137.60
19	FHIA21	Verde	3	739.61	490.89	143.45
20	FHIA21	Verde	4	714.34	505.34	143.75
21	FHIA21	Verde	5	696.96	513.02	143.58
22	FHIA21	Verde	6	709.42	526.07	146.80
23	FHIA21	Verde	7	593.47	522.68	136.57
24	FHIA21	Verde	8	715.65	513.92	145.29
25	FHIA21	Maduro	1	296.78	192.48	56.81
26	FHIA21	Maduro	2	298.13	194.72	57.30
27	FHIA21	Maduro	3	367.62	254.81	73.10
28	FHIA21	Maduro	4	312.87	245.50	66.99
29	FHIA21	Maduro	5	433.43	227.88	74.10
30	FHIA21	Maduro	6	400.53	233.79	72.34
31	FHIA21	Maduro	7	242.27	246.67	61.30
32	FHIA21	Maduro	8	252.94	298.92	70.90
33	Majunche	Verde	1	13.99	76.21	13.87
34	Majunche	Verde	2	15.98	71.31	13.22
35	Majunche	Verde	3	10.93	123.12	21.43
36	Majunche	Verde	4	19.83	116.45	21.06
37	Majunche	Verde	5	17.75	68.34	12.87

Cuadro No. 14 (Continuación)

No.	VARIEDAD	ESTADO	REPLICA	ALFA	BETA	Eq.Ret.
38	Majunche	Verde	6	17.42	102.96	18.61
39	Majunche	Verde	7	16.33	78.74	14.48
40	Majunche	Verde	8	13.70	72.90	13.29
41	Majunche	Maduro	1	33.01	116.59	22.18
42	Majunche	Maduro	2	27.36	118.71	22.07
43	Majunche	Maduro	3	41.07	168.73	31.54
44	Majunche	Maduro	4	32.54	168.91	30.86
45	Majunche	Maduro	5	15.03	95.71	17.20
46	Majunche	Maduro	6	23.57	99.61	18.57
47	Majunche	Maduro	7	19.63	105.73	19.26
48	Majunche	Maduro	8	25.28	108.62	20.21
49	FHIA03	Verde	1	39.20	36.69	9.38
50	FHIA03	Verde	2	39.97	37.18	9.53
51	FHIA03	Verde	3	51.97	45.07	11.84
52	FHIA03	Verde	4	49.29	42.62	11.21
53	FHIA03	Verde	5	39.71	28.05	7.98
54	FHIA03	Verde	6	39.46	28.29	8.00
55	FHIA03	Verde	7	53.81	39.93	11.14
56	FHIA03	Verde	8	49.19	37.82	10.40
57	FHIA03	Maduro	1	33.64	25.17	7.00
58	FHIA03	Maduro	2	22.83	28.54	6.66
59	FHIA03	Maduro	3	17.71	29.37	6.37
60	FHIA03	Maduro	4	21.65	30.22	6.84
61	FHIA03	Maduro	5	41.40	31.41	8.69
62	FHIA03	Maduro	6	38.60	32.93	8.70
63	FHIA03	Maduro	7	27.20	43.09	9.45
64	FHIA03	Maduro	8	29.29	44.33	9.83
65	Banano	Verde	1	371.98	229.62	69.27
66	Banano	Verde	2	309.49	169.93	54.11
67	Banano	Verde	3	292.32	147.05	48.87
68	Banano	Verde	4	209.25	169.03	45.61
69	Banano	Verde	5	371.78	147.95	55.64
70	Banano	Verde	6	226.42	118.10	38.55
71	Banano	Verde	7	213.47	113.66	36.73
72	Banano	Verde	8	196.29	172.58	45.12
73	Banano	Maduro	1	142.62	102.03	28.89
74	Banano	Maduro	2	154.50	105.69	30.49
75	Banano	Maduro	3	171.22	124.77	35.06

Cuadro No. 14 (Continuación)

No.	VARIEDAD	ESTADO	REPLICA	ALFA	BETA	Eq.Ret.
76	Banano	Maduro	4	187.96	115.61	34.93
77	Banano	Maduro	5	158.64	134.14	35.58
78	Banano	Maduro	6	136.02	109.82	29.64
79	Banano	Maduro	7	154.59	111.95	31.54
80	Banano	Maduro	8	147.36	97.70	28.56
81	FHIA01	Verde	1	166.91	160.43	40.65
82	FHIA01	Verde	2	150.43	138.68	35.65
83	FHIA01	Verde	3	175.57	145.35	38.86
84	FHIA01	Verde	4	141.35	157.02	37.95
85	FHIA01	Verde	5	112.58	136.11	32.07
86	FHIA01	Verde	6	147.84	118.98	32.15
87	FHIA01	Verde	7	128.50	147.91	35.36
88	FHIA01	Verde	8	143.94	131.61	33.93
89	FHIA01	Maduro	1	142.68	110.21	30.26
90	FHIA01	Maduro	2	103.18	114.62	27.70
91	FHIA01	Maduro	3	114.60	102.98	26.71
92	FHIA01	Maduro	4	93.19	108.03	25.77
93	FHIA01	Maduro	5	140.24	108.50	29.77
94	FHIA01	Maduro	6	123.51	101.61	27.23
95	FHIA01	Maduro	7	94.23	95.05	23.69
96	FHIA01	Maduro	8	105.12	93.91	24.41

Cuadro No. 15
Efecto del procesamiento en el contenido de carotenoides pro-Vitamina A
de seis variedades de musáceas en Centroamérica
($\mu\text{g}/100\text{g}$)

No.	VARIEDAD	ESTADO	PROCESO	REPLICA	ALFA	BETA	E. RETINOL
1.	Platano	Verde	Crudo	1	1291.21	1377.3	337.15
2.	Platano	Verde	Crudo	2	1323.31	1248.93	318.43
3.	Platano	Verde	Crudo	3		1308.9	218.15
4.	Platano	Verde	Crudo	4		1218.76	203.13
5.	Platano	Verde	Cocido	1	1336.05	992.76	276.8
6.	Platano	Verde	Cocido	2	1391.68	922.10	269.66
7.	Platano	Verde	Cocido	3	1284.70	1024.16	277.75
8.	Platano	Verde	Cocido	4	1304.76	1216.72	311.52
9.	Platano	Verde	Frito	1	1316.59	1191.31	308.27
10.	Platano	Verde	Frito	2	1374.69	1106.52	298.98
11.	Platano	Maduro	Crudo	1	304.90	442.13	99.10
12.	Platano	Maduro	Crudo	2	296.50	410.34	93.10
13.	Platano	Maduro	Crudo	3	439.43	411.64	105.23
14.	Platano	Maduro	Crudo	4		335.92	55.99
15.	Platano	Maduro	Cocido	1	268.88	343.61	79.67
16.	Platano	Maduro	Cocido	2	271.14	305.25	73.47
17.	Platano	Maduro	Cocido	3	316.89	412.68	95.19
18.	Platano	Maduro	Cocido	4	290.89	399.69	90.86
19.	Platano	Maduro	Frito	1	322.31	429.51	98.44
20.	Platano	Maduro	Frito	2	325.03	457.88	103.40
21.	FHIA21	Verde	Crudo	1	534.03	539.42	134.41
22.	FHIA21	Verde	Crudo	2	498.75	468.18	119.59
23.	FHIA21	Verde	Cocido	1	495.58	254.92	83.78
24.	FHIA21	Verde	Cocido	2	424.08	244.96	76.17
25.	FHIA21	Verde	Cocido	3		312.11	52.02
26.	FHIA21	Verde	Frito	1	428.34	403.46	102.94
27.	FHIA21	Verde	Frito	2	377.47	396.19	97.49
28.	FHIA21	Maduro	Crudo	1	259.68	36.12	27.66
29.	FHIA21	Maduro	Crudo	2	229.01	36.02	25.09
30.	FHIA21	Maduro	Crudo	3	227.02	43.46	26.16
31.	FHIA21	Maduro	Cocido	1	186.04	17.98	18.50
32.	FHIA21	Maduro	Cocido	2	205.69	36.40	23.21
33.	FHIA21	Maduro	Cocido	3	256.50	34.20	27.08
34.	FHIA21	Maduro	Cocido	4	192.98	33.73	21.70
35.	FHIA21	Maduro	Frito	1	297.66	40.20	31.51

Continuación Cuadro No. 15

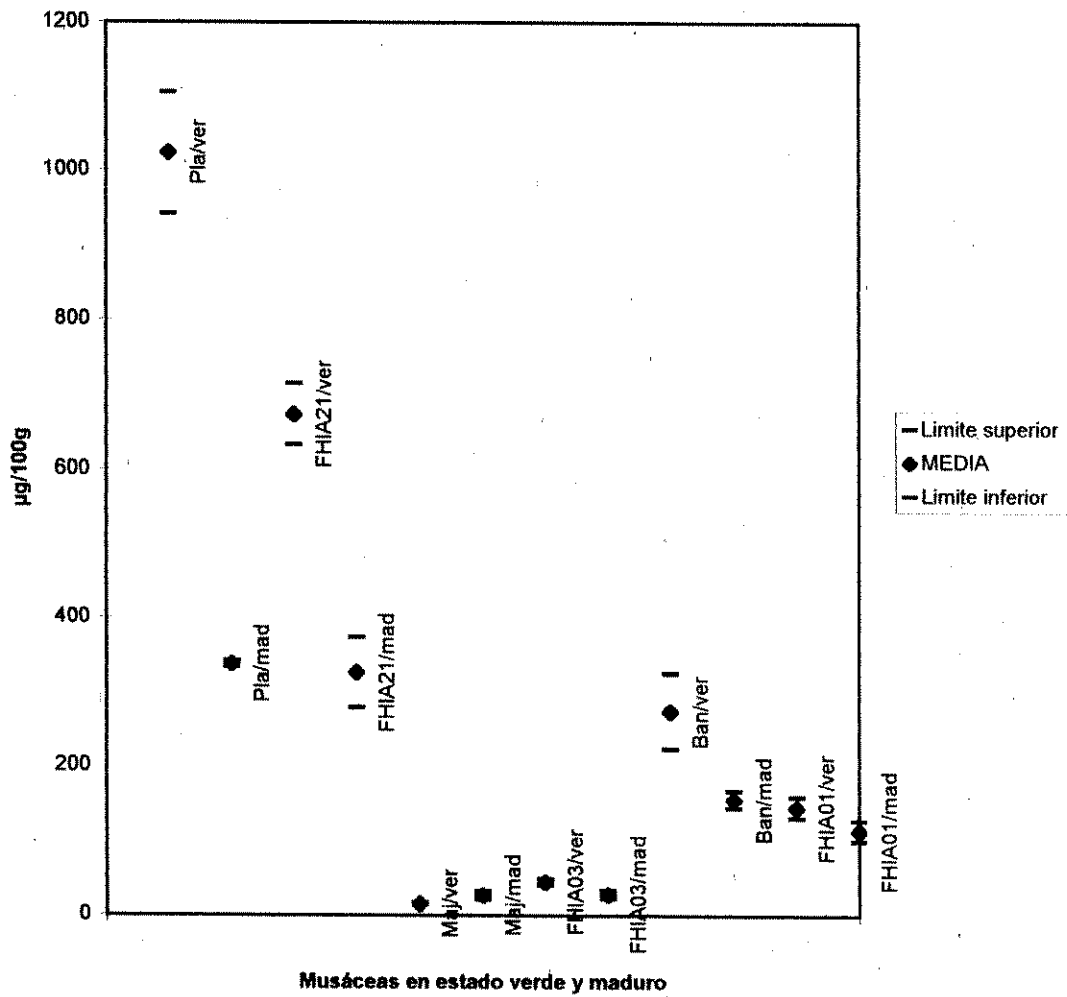
No.	VARIEDAD	ESTADO	PROCESO	REPLICA	ALFA	BETA	E. RETINOL
36.	FHIA21	Maduro	Frito	2	287.96	45.50	31.58
37.	Majunche	Verde	Crudo	1	32.77	34.04	8.40
38.	Majunche	Verde	Crudo	2	24.43	34.70	7.82
39.	Majunche	Verde	Crudo	3	41.20	50.87	11.91
40.	Majunche	Verde	Crudo	4		50.89	8.48
41.	Majunche	Verde	Crudo	5		51.50	8.58
42.	Majunche	Verde	Cocido	1	40.40	55.95	12.69
43.	Majunche	Verde	Cocido	2	34.00	48.32	10.89
44.	Majunche	Verde	Frito	1	33.69	42.76	9.93
45.	Majunche	Verde	Frito	2	28.35	42.84	9.50
46.	Majunche	Maduro	Crudo	1	21.49	47.69	9.74
47.	Majunche	Maduro	Crudo	2	34.55	45.27	10.42
48.	Majunche	Maduro	Crudo	3	41.15	52.92	12.25
49.	Majunche	Maduro	Crudo	4		54.12	9.02
50.	Majunche	Maduro	Crudo	5		65.21	10.87
51.	Majunche	Maduro	Cocido	1	30.38	43.79	9.83
52.	Majunche	Maduro	Cocido	2	33.56	49.35	11.02
53.	Majunche	Maduro	Cocido	3	38.10	53.60	12.11
54.	Majunche	Maduro	Cocido	4		55.49	9.25
55.	Majunche	Maduro	Frito	1	34.72	51.08	11.41
56.	Majunche	Maduro	Frito	2	38.35	57.57	12.79
57.	FHIA03	Verde	Crudo	1	36.86	30.58	8.17
58.	FHIA03	Verde	Crudo	2	58.66	49.28	13.10
59.	FHIA03	Verde	Crudo	3	33.89	24.87	6.97
60.	FHIA03	Verde	Crudo	4	39.48	29.43	8.19
61.	FHIA03	Verde	Cocido	1	37.70	41.73	10.10
62.	FHIA03	Verde	Cocido	2	22.26	23.75	5.81
63.	FHIA03	Verde	Cocido	3	73.01	80.17	19.45
64.	FHIA03	Verde	Frito	1	39.74	27.82	7.95
65.	FHIA03	Verde	Frito	2	25.60	18.27	5.18
66.	FHIA03	Maduro	Crudo	1	29.30	36.52	8.53
67.	FHIA03	Maduro	Crudo	2	29.13	36.76	8.55
68.	FHIA03	Maduro	Crudo	3	41.82	48.37	11.55
69.	FHIA03	Maduro	Crudo	4	40.98	47.73	11.37
70.	FHIA03	Maduro	Cocido	1	17.44	52.75	10.25
71.	FHIA03	Maduro	Cocido	2	26.23	25.84	6.49
72.	FHIA03	Maduro	Cocido	3	26.38	22.88	6.01
73.	FHIA03	Maduro	Cocido	4	14.06	40.66	7.95

Continuación Cuadro No. 15

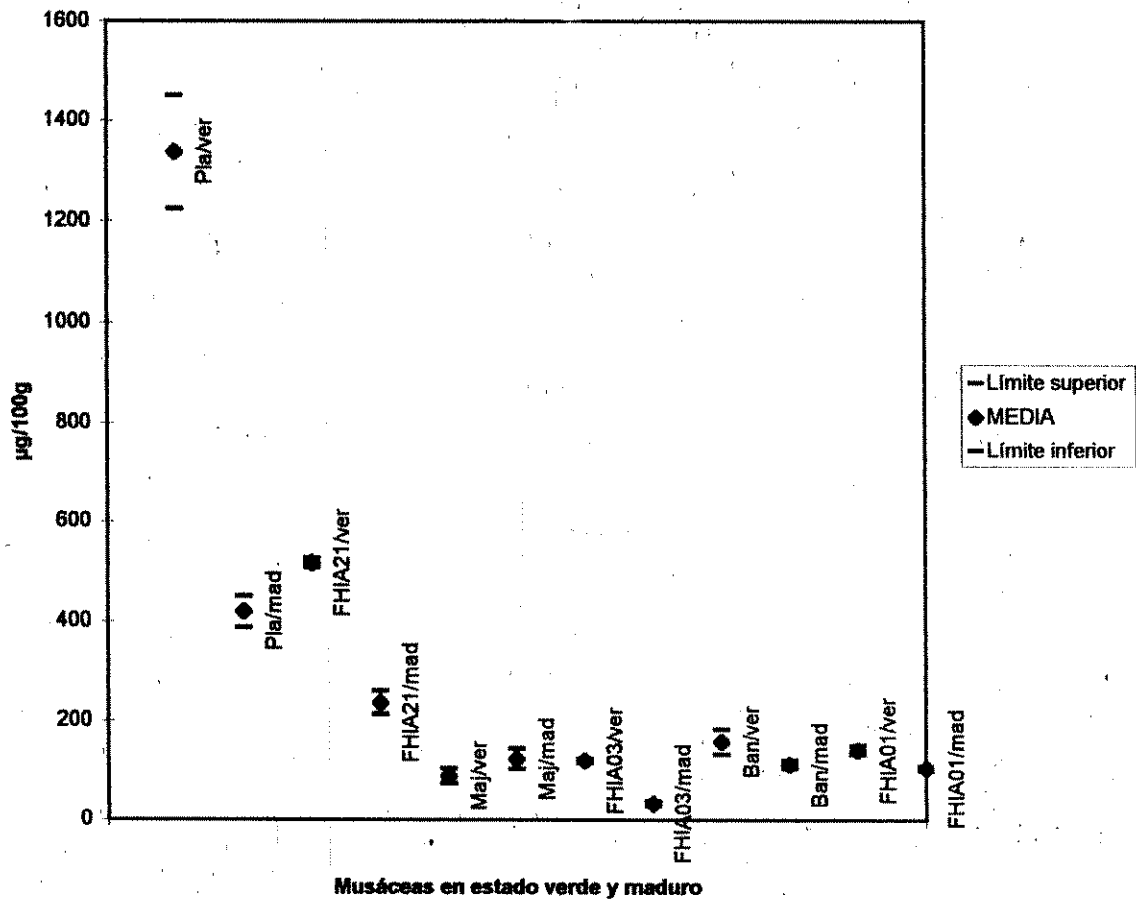
No.	VARIEDAD	ESTADO	PROCESO	REPLICA	ALFA	BETA	E. RETINOL
74.	FHIA03	Maduro	Frito	1	43.61	34.56	9.39
75.	FHIA03	Maduro	Frito	2	52.45	43.66	11.65
76.	Banano	Verde	Crudo	1	139.14	105.21	30.82
77.	Banano	Verde	Crudo	2	125.19	85.02	30.91
78.	Banano	Verde	Crudo	3	205.54	109.72	28.36
79.	Banano	Verde	Crudo	4	213.61	129.68	26.87
80.	Banano	Verde	Cocido	1	113.88	82.30	25.49
81.	Banano	Verde	Cocido	2	106.81	77.26	24.38
82.	Banano	Verde	Cocido	3	142.15	96.10	22.75
83.	Banano	Verde	Cocido	4	155.00	97.84	24.75
84.	Banano	Verde	Frito	1	146.61	119.61	34.25
85.	Banano	Verde	Frito	2	143.26	113.54	32.78
86.	Banano	Maduro	Crudo	1	147.62	111.11	30.82
87.	Banano	Maduro	Crudo	2	147.09	111.90	30.91
88.	Banano	Maduro	Crudo	3	137.80	101.29	28.36
89.	Banano	Maduro	Crudo	4	134.23	94.11	26.87
90.	Banano	Maduro	Cocido	1	114.49	95.69	25.49
91.	Banano	Maduro	Cocido	2	110.95	90.83	24.38
92.	Banano	Maduro	Cocido	3	105.42	83.81	22.75
93.	Banano	Maduro	Cocido	4	130.19	83.40	24.75
94.	Banano	Maduro	Frito	1	171.73	119.61	34.25
95.	Banano	Maduro	Frito	2	166.29	113.54	32.78
96.	FHIA01	Verde	Crudo	1	122.06	112.29	28.89
97.	FHIA01	Verde	Crudo	2	134.95	150.93	36.40
98.	FHIA01	Verde	Crudo	3	109.55	132.05	31.14
99.	FHIA01	Verde	Crudo	4	116.87	112.18	28.44
100.	FHIA01	Verde	Cocido	1	80.05	91.15	21.86
101.	FHIA01	Verde	Cocido	2	118.51	149.17	34.74
102.	FHIA01	Verde	Cocido	3	89.30	115.61	26.71
103.	FHIA01	Verde	Cocido	4	88.84	112.73	26.19
104.	FHIA01	Verde	Frito	1	94.34	104.82	25.33
105.	FHIA01	Verde	Frito	2	103.44	163.89	35.94
106.	FHIA01	Maduro	Crudo	1	94.88	93.89	23.56
107.	FHIA01	Maduro	Crudo	2	93.58	93.93	23.45
108.	FHIA01	Maduro	Crudo	3	94.51	94.22	23.58
109.	FHIA01	Maduro	Cocido	1	84.21	85.95	21.34
110.	FHIA01	Maduro	Cocido	2	86.06	88.31	21.89
111.	FHIA01	Maduro	Cocido	3	70.13	75.03	18.35
112.	FHIA01	Maduro	Cocido	4	72.26	79.07	19.20
113.	FHIA01	Maduro	Frito	1	105.26	125.22	29.64
114.	FHIA01	Maduro	Frito	2	111.76	132.59	31.41

2. GRAFICAS

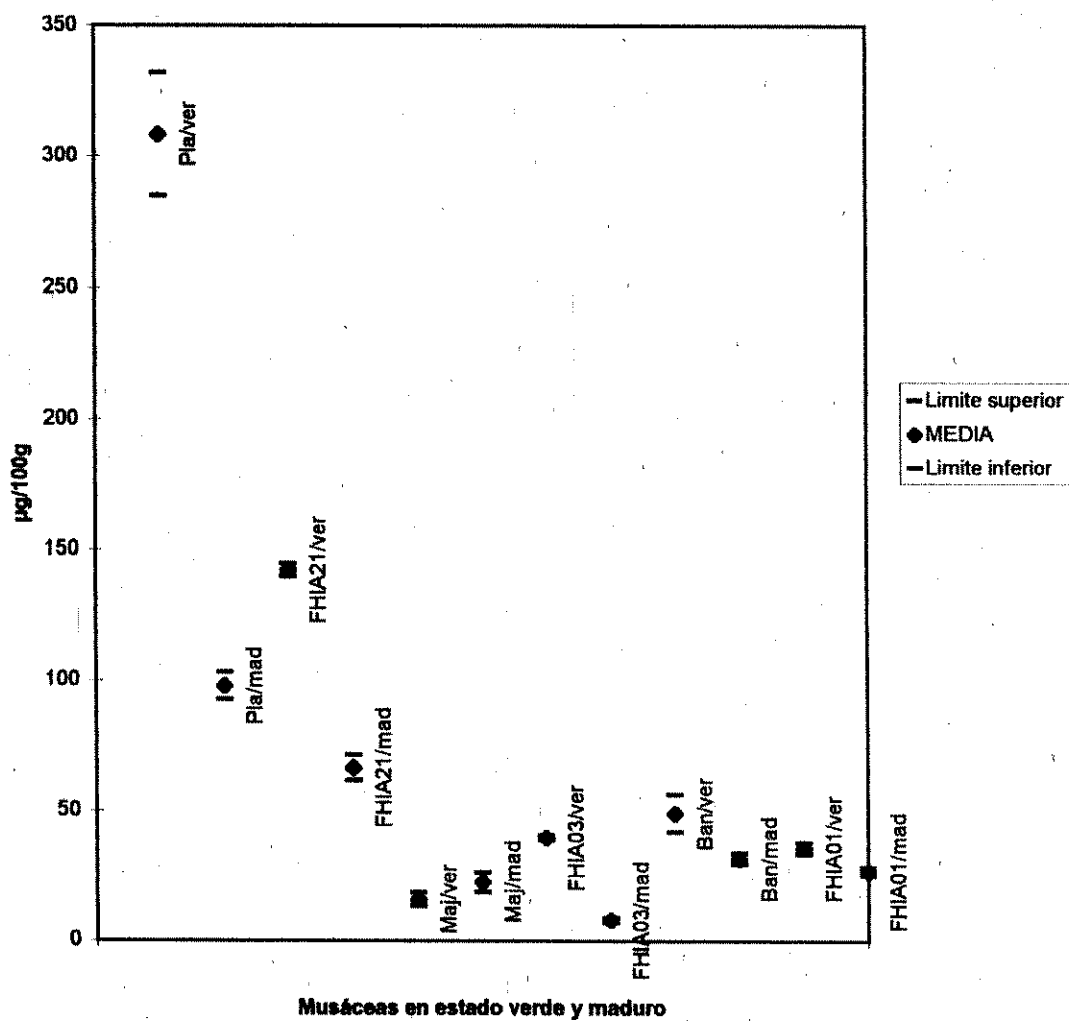
Graf. 2.1. Contenido de ALFA CAROTENOS en las seis variedades de musáceas crudas



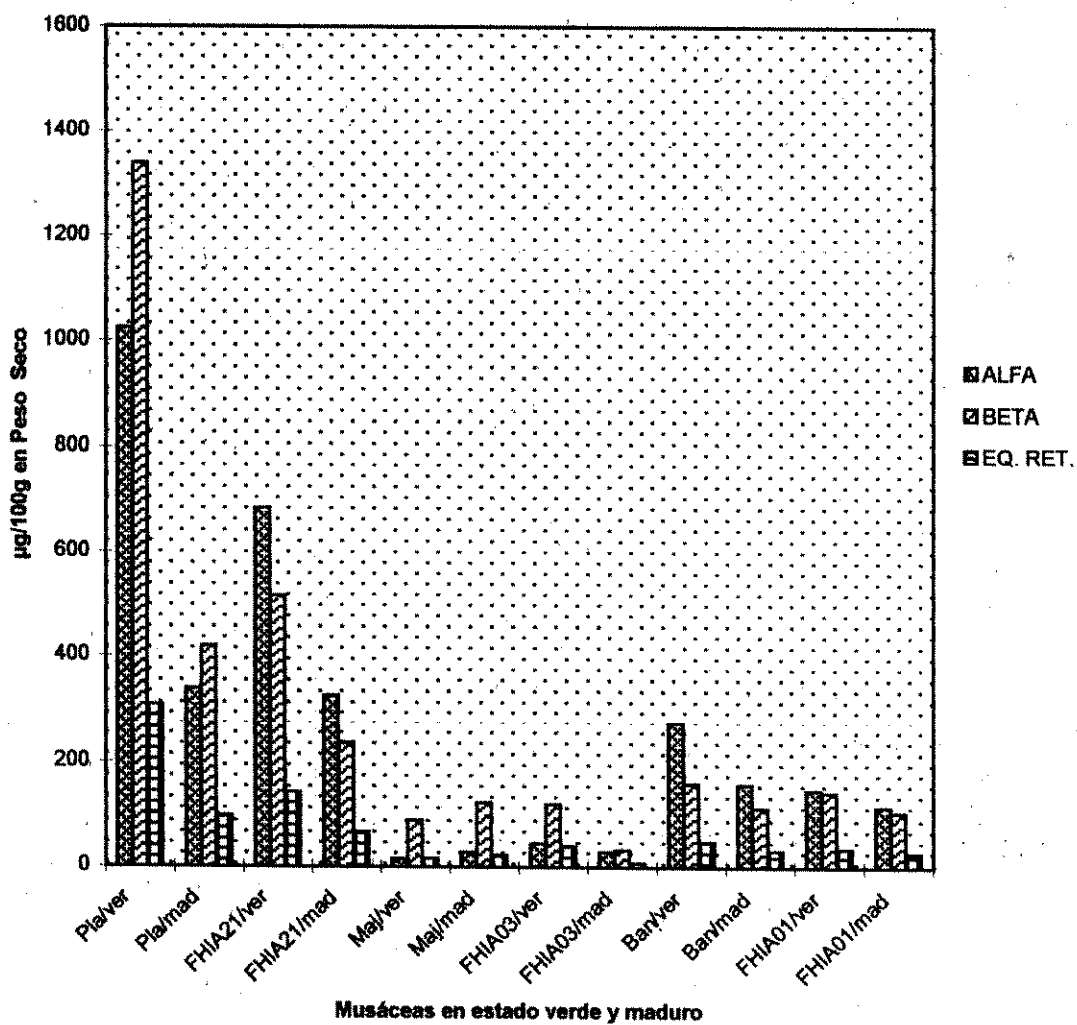
Graf. 2.2. Contenido de BETA CAROTENOS en seis variedades de musáceas crudas



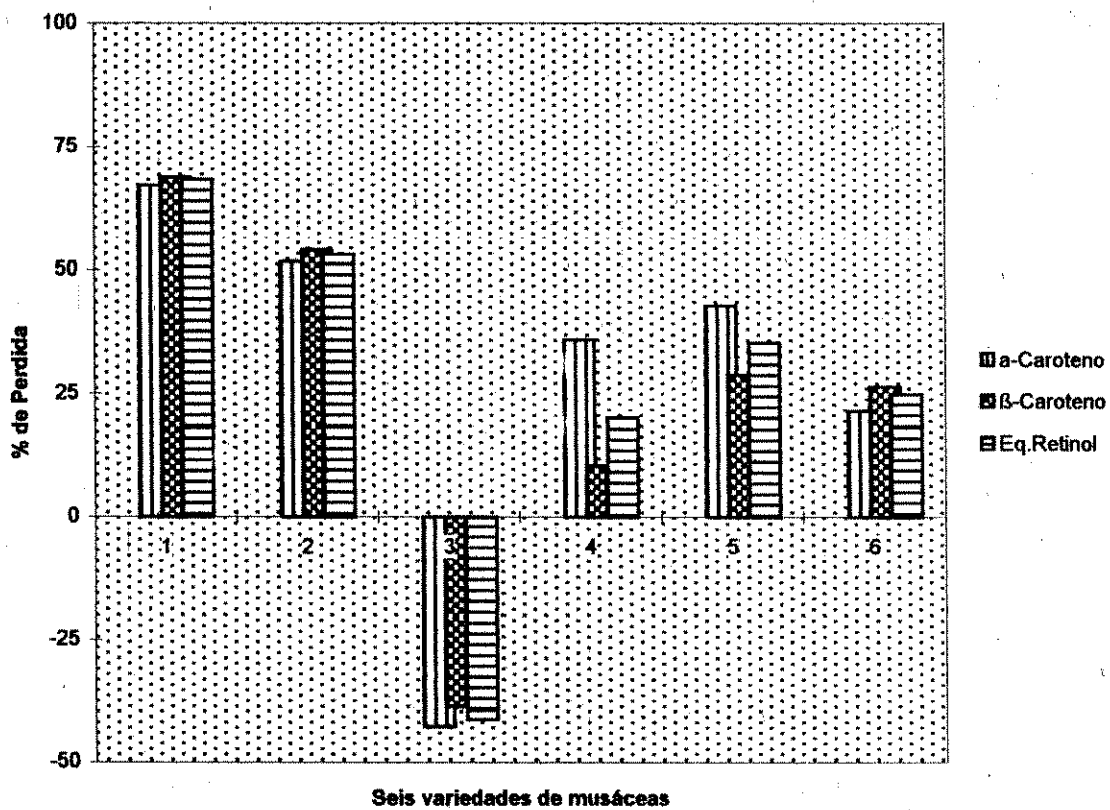
Graf. 2.3. Contenido de EQUIVALENTES RETINOL en seis variedades de musáceas crudas



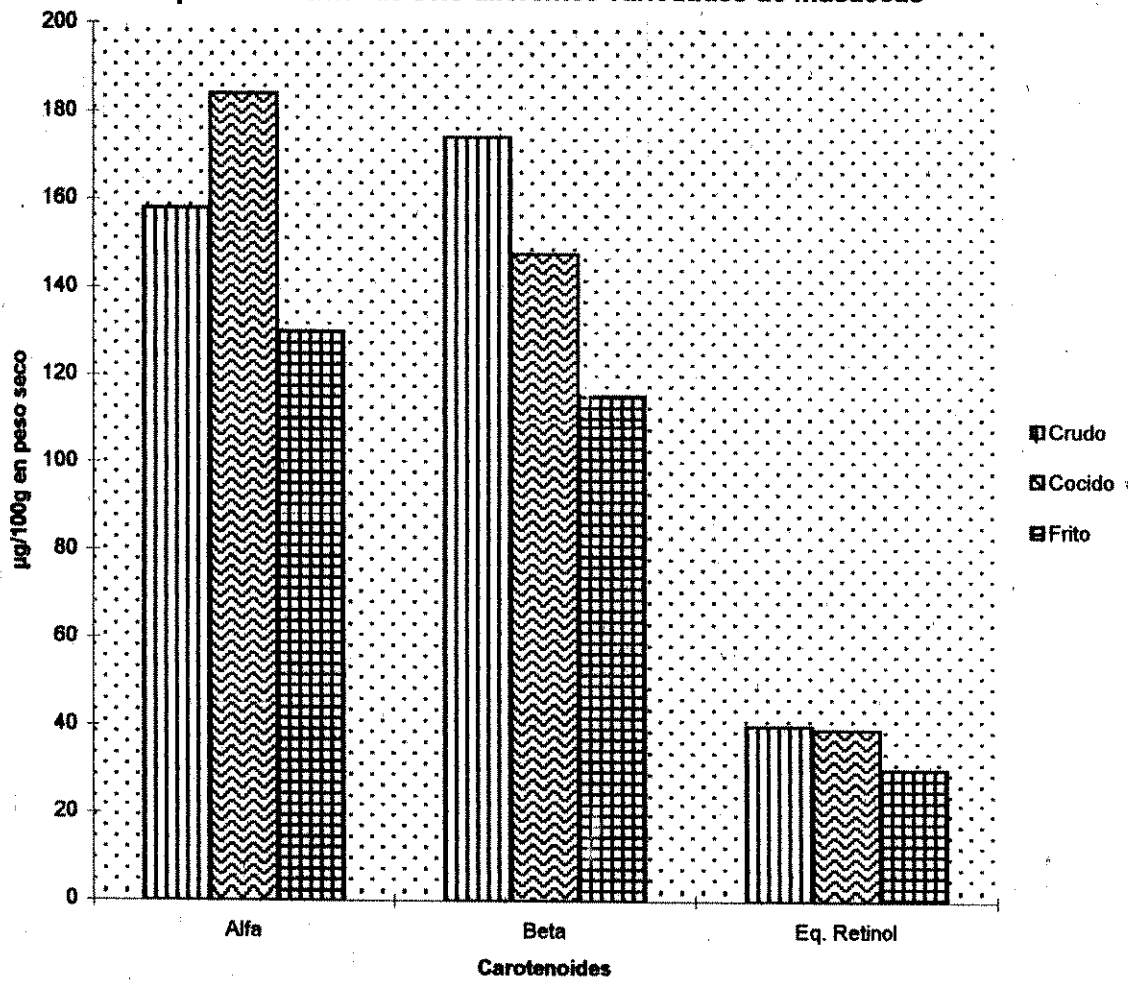
Graf. 2.4 Contenido de CAROTENOIDES pro-Vitamina A en seis variedades de musáceas en dos estados de maduración



Graf. 2.5 Porcentaje de perdida de carotenoides pro-vitamina A, debido a la maduracion



Graf. 2.6 Efecto del procesamiento en el contenido de carotenoides pro-Vitamina A de seis diferentes variedades de musáceas



3. FIGURAS

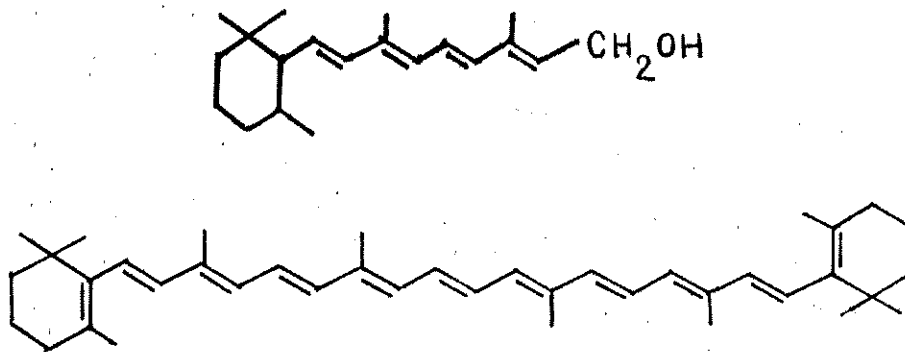


Fig. 3.1. Estructura del Retinol y Beta Caroteno

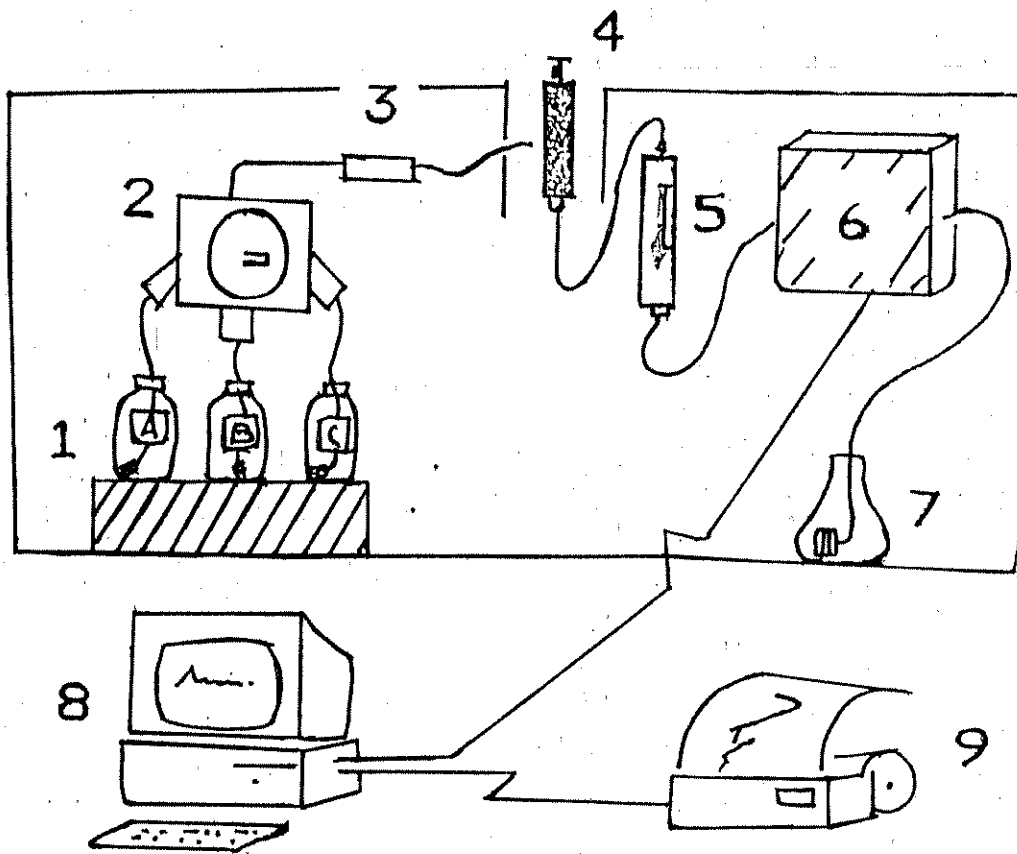
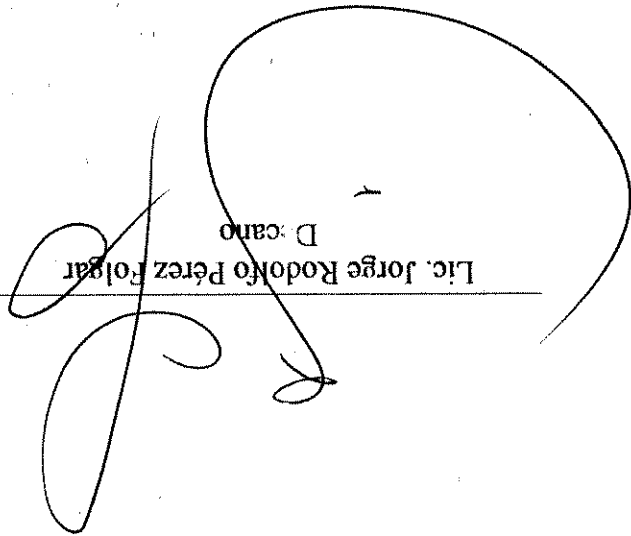


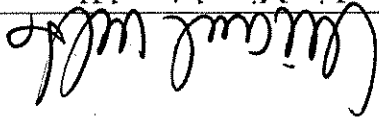
Fig. 3.2. Componentes Básicos de un sistema de cromatografía líquida de alta resolución

1. Recipientes conteniendo fase móvil.
2. Sistema de Bombeo.
3. Amortiguador de pulsos de bombeo.
4. Puerto y válvula de inyección.
5. Columna.
6. Detector.
7. Recipiente de desechos.
8. Sistema de Datos
9. Graficador. (28)

Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar
Decano



Lic. Miguel Ángel Herrera
Director



Dr. Omar Dary
Asesor



Bt. Karla Andrea Molina Meza
Autora

