



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Análisis nutrimental y fitoquímico de pulpa y semillas de  
*Jacaratia mexicana* A. DC. de Tecolapa, Guerrero en dos etapas de madurez**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**Huerta Reséndiz Karla Denisse**

**DIRECTORA DE TESIS**

**Sánchez y García Figueroa Francisca Leonora**



**México D.F, Abril 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA**



**DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Análisis nutrimental y fitoquímico de pulpa y semillas de  
*Jacaratia mexicana* A. DC. de Tecolapa, Guerrero en dos etapas de madurez**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**Huerta Reséndiz Karla Denisse**

**DIRECTORA DE TESIS**

**Sánchez y García Figueroa Francisca Leonora**

**Comité tutorial:**

**Presidente: Dra. Rosalva García Sánchez**

**Vocal: Dra. Francisca Leonora Sánchez y García Figueroa**

**Secretario: Biól. Leticia López Vicente**

**Suplente: Biól. Marco Antonio Hernández Muñoz**

**Suplente: M. en C. Sonia Rojas Chávez**

**México D. F, Abril 2016**

---

## AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis la Dra. Leonora por haber creído en mí, en mis capacidades.

Al Sr. Leonardo García de Jesús y a la Sra. Paulina Limón Luna, miembros de la localidad de Tecolapa en Olinalá, Guerrero. Por abrirme las puertas de su casa, facilitar la obtención del fruto de *Jacaratia mexicana* y hacer posible este proyecto.

A mis compañeros de laboratorio por hacer ameno el trabajo.

A los miembros de mi comité sinodal:

Dra. Rosalva García Sánchez

Biól. Leticia López Vicente

Biól. Marco Antonio Hernández Muñoz

M. en C. Sonia Rojas Chávez

Por haberse tomado el tiempo de leer y hacer críticas que ayudaron al mejoramiento del trabajo, así como a mi crecimiento profesional.

A cada una de las personas que conforman a mi querida casa de estudios Facultad de Estudios Zaragoza. Sin duda me dejaron muchos aprendizajes.

---

## DEDICATORIAS

Primero a la memoria de mi padre, que a pesar de que ya no está presente siempre me brindó su apoyo, gracias a él nunca me faltó nada.

A mi madre a quien amo con todo mi ser, por ser incondicional en mi camino profesional y personal, por su amor, comprensión y paciencia. Este logro también es tuyo. Te amo.

A mis hermanos que son mi motivación para ser mejor y ser un buen ejemplo.

A mis amigos con quienes compartí ésta etapa tan importante de mi vida, Gracias.

A Bere, la hermana que siempre quise, por todas esas aventuras, vivencias y aprendizajes, por tus consejos. Sin duda tu amistad me ha hecho mejor persona. Te quiero y te admiro.

A Mónica, por brindarme apoyo, escucharme y acompañarme. Por ser mi cómplice y amiga. Gracias por ser parte de éste logro.

A Toño, por mostrarme el lado gracioso de la vida, por sacarme una sonrisa hasta en el peor momento. Gracias amigo.

A Xochi, Nalleli e Ivon, por compartir bellos momentos juntas, por compartir su amistad.

Para la persona que conoce todo lo malo y todo lo bueno de mí, con quien no tengo armadura ni espada. Eres una persona muy especial, que me ha hecho crecer en todos los aspectos de mi vida y con quien quiero compartir éste logro. Gracias por ser parte de mi vida.

**CONTENIDO**

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	MARCO TEÓRICO.....	1
	2.1 Composición de los alimentos.....	1
	2.2 Composición nutrimental de los frutos.....	3
	2.3 Factores de la calidad nutrimental en productos hortofrutícolas.....	7
	2.4 Domesticación de cultivos silvestres.....	8
	2.5 Frutos silvestres: Un recurso subutilizado y la importancia de su estudio.....	8
	2.6 Familia Caricaceae.....	10
	2.7 <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC. ....	10
	2.8 Morfología.....	12
	2.9 Distribución.....	13
	2.10 Importancia de <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC. ....	14
	2.11 Estudios sobre <i>Jacaratia mexicana</i> A.DC. ....	16
III.	JUSTIFICACIÓN.....	18
IV.	HIPÓTESIS.....	18
V.	OBJETIVOS.....	18
	5.1 General.....	18
	5.2 Específicos.....	18
VI.	MÉTODO.....	19
	6.1 Recolecta.....	19
	6.2 Análisis nutrimental.....	19
	6.2.1 Humedad.....	19
	6.2.2 pH.....	19
	6.2.3 Lípidos.....	20
	6.2.4 Cenizas.....	20
	6.2.5 Proteínas.....	20
	6.2.6 Fibra cruda.....	21
	6.2.7 Azúcares reductores.....	21
	6.2.8 Almidón.....	22
	6.2.9 Carbohidratos totales.....	22
	6.3 Análisis del aceite.....	22
	6.3.1 Ácidos grasos libres (%).....	22
	6.3.2 Índice de saponificación.....	23
	6.3.3 Índice de refracción.....	23
	6.3.4 Índice de yodo.....	23
	6.3.5 Determinación de ácidos grasos.....	24

6.4	Análisis de pectinas.....	24
6.4.1	Extracción de pectinas.....	24
6.4.2	Grupos metoxilo, ácido galacturónico libre y grado de esterificación.....	25
6.5	Análisis fitoquímico.....	26
6.5.1	Compuestos fenólicos.....	26
6.5.2	Taninos.....	26
6.6	Análisis estadístico.....	27
VII.	RESULTADOS.....	28
7.1	Análisis nutrimental.....	28
7.1.1	Análisis nutrimental de semillas.....	29
7.1.2	Análisis nutrimental de pulpa.....	31
7.2	Análisis del aceite de semillas.....	33
7.2.1	Análisis fisicoquímico del aceite de las semillas.....	33
7.2.2	Cromatografía de gases-masas de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.....	34
7.3	Análisis de pectinas.....	36
7.4	Análisis fitoquímico.....	38
7.4.1	Determinación de compuestos fenólicos en los extractos metanólicos.....	38
7.4.2	Cromatografía de gases de compuestos volátiles.....	38
VIII.	DISCUSIÓN.....	44
8.1	Análisis nutrimental.....	44
8.2	Análisis del aceite.....	47
8.3	Cromatografía de ácidos grasos.....	48
8.4	Análisis fitoquímico.....	50
IX.	CONCLUSIONES.....	55
X.	REFERENCIAS.....	56
XI.	ANEXOS.....	65

## CONTENIDO DE CUADROS

1. Cantidad de kilocalorías que aporta cada macronutriente.....	2
2. Clasificación de <i>Jacaratia mexicana</i> .....	11
3. Padecimientos tratados con <i>Jacaratia mexicana</i> .....	15
4. Promedio de longitud y peso de los grupos M1 y M2 .....	28
5. Promedio y desviación estándar del análisis de parámetros nutrimentales de las semillas...	29
6. Promedio de los carbohidratos determinados en las semillas en cada una de las etapas.....	30
7. Promedio y desviación estándar del análisis de parámetros nutrimentales de la pulpa.....	31
8. Análisis químico del aceite de las semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en dos etapas de madurez .....	33
9. Ácidos grasos identificados en la cromatografía de gases .....	34
10. Análisis químico de pectinas.....	38
11. Contenido de compuestos fenólicos y taninos en semillas y pulpa .....	38
12. Lista de compuestos identificados en el extracto de pulpa en etapa M1.....	39
13. Compuestos identificados en el extracto de pulpa en etapa M2.....	41
14. Compuestos identificados en el extracto de semillas en etapa M2 .....	42
15. Comparación de parámetros fisicoquímicos del aceite de <i>Jacaratia mexicana</i> y aceites comerciales.....	48
16. Compuestos identificados en el cromatograma de los tres extractos metanólicos.....	50
17. Comparación del contenido de ácidos y azúcares de la pulpa de acuerdo a los resultados de la CG.....	54



**CONTENIDO DE FIGURAS**

1. Composición de los alimentos.....	2
2. Mapa de distribución geográfica de la familia Caricaceae.....	10
3. Morfología de <i>Jacaratia mexicana</i> .....	12
4. Árbol de <i>Jacaratia mexicana</i> con frutos.....	12
5. Mapa de distribución geográfica de <i>Jacaratia mexicana</i> .....	13
6. Corte transversal de los frutos.....	28
7. Contenido nutrimental de las semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapa M1.....	29
8. Contenido nutrimental de las semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapa M2.....	30
9. Comparación del contenido de carbohidratos en las semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en dos etapas de madurez.....	31
10. Contenido nutrimental de la pulpa de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapa M1.....	32
11. Contenido nutrimental de la pulpa de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapa M2.....	32
12. pH de la pulpa en ambas etapas de madurez.....	33
13. Cromatograma de los ácidos grasos del aceite de semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapa M1 .....	35
14. Cromatograma de los ácidos grasos del aceite de semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapa M2.....	35
15. Infrarrojo pectinas de <i>Jacaratia mexicana</i> .....	37
16. Cromatograma del extracto metanólico de pulpa en etapa M1.....	39
17. Cromatograma del extracto metanólico de pulpa en etapa M2.....	40
18. Cromatograma del extracto metanólico de semillas en etapa M2.....	42
19. Comparación del contenido de agua en las semillas de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapas M1 y M2.....	44
20. Comparación del contenido nutrimental de las semillas en dos etapas de madurez	45
21. Comparación del contenido de agua en la pulpa de <i>Jacaratia mexicana</i> en etapas M1 y M2.....	45
22. Comparación del contenido nutrimental de las semillas en dos etapas de madurez	46

### RESUMEN

En nuestro país las plantas se utilizan de diferentes maneras, sus principales usos son y han sido como alimento y con fines medicinales. Debido al gran número de especies que existen muchas especies no han sido estudiadas, un ejemplo es *Jacaratia mexicana*, cuyo fruto se incluye en la dieta, desde épocas prehispánicas en algunas regiones del país.

En la localidad de Tecolapa del municipio de Olinalá, Guerrero, este fruto y sus semillas son parte de la alimentación de los habitantes.

Por estos motivos se realizó un estudio nutrimental de la pulpa y las semillas del fruto del cuaguayote (*Jacaratia mexicana*) en dos etapas de madurez determinadas de acuerdo a algunas características organolépticas. Como parte del estudio nutrimental también se realizó la identificación de los ácidos grasos del aceite de las semillas y un análisis de compuestos volátiles de los extractos metanólicos por medio del sistema de cromatografía gases – masas.

Los resultados indican un alto contenido de fibra y agua en el fruto y un alto porcentaje de aceite en las semillas, el cual mostró una gran proporción de ácido oleico, por lo que es una buena alternativa para el consumo humano.

Los compuestos volátiles encontrados en los extractos en su mayoría son responsables del aroma y el sabor del fruto.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde la Prehistoria, los seres humanos han obtenido los recursos alimenticios para su subsistencia a través de la caza, la pesca y la recolección. De este modo, su supervivencia ha dependido de la existencia de plantas silvestres comestibles, junto con la de otros productos alimenticios obtenidos a partir insectos, aves, peces y mamíferos (Turner *et al.*, 2011).

El desarrollo de las sociedades humanas y su cultura tienen relación con el conocimiento de la biodiversidad. Así, el conocimiento y uso de las plantas por diferentes grupos humanos son tan diversos como las comunidades vegetales, estableciéndose una estrecha relación entre la diversidad cultural y la diversidad biológica.

Las plantas de México son utilizadas para fines muy diversos, el mayor número de especies es utilizado como medicina y en segundo lugar como alimento seguidos de otros usos tales como, combustible, materiales para construcción, instrumentos, utensilios, sombra, cercas vivas, materiales para elaboración de artesanías y construcción.

Comúnmente se reconocen dos categorías de plantas de acuerdo con su relación con los seres humanos: plantas silvestres y plantas cultivadas o domesticadas (Caballero y Cortés, 2001).

Así, los frutos silvestres han sido fundamentales para la subsistencia de las civilizaciones, y todavía se siguen consumiendo en los pueblos, e incluso en las sociedades agrícolas en tiempos de malas cosechas (Cubero *et al.*, 2006; Tardío *et al.*, 2006).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Composición de los alimentos

- NUTRIMENTOS

Los alimentos son almacenes dinámicos de origen animal o vegetal, que una vez ingeridos aportan materiales a partir de los cuales el organismo puede producir energía, también los utiliza para reparación de tejidos. Éstos componentes son los nutrientes, que se definen como sustancias necesarias para la salud que no pueden ser sintetizadas por el organismo y que por tanto deben, ser ingeridas a través de los alimentos, para que mediante algunos procesos bioquímicos sean asimilables (Ruíz-Rodríguez, 2014).

A su vez los nutrimentos se dividen en macro y micronutrimentos. Los carbohidratos, proteínas y lípidos se denominan macronutrimentos y son los mayoritarios en los alimentos.

A continuación se presenta un cuadro en el que se indica la cantidad de energía en kilocalorías que aporta cada macronutriente.

Cuadro 1. Cantidad de kilocalorías que aporta cada macronutriente (www.madrid.com).

Nutrimento	Energía (Kcal/g)
1g lípidos	9
1g proteínas	4
1g carbohidratos	4

Los micronutrimentos, están conformados por las vitaminas y los minerales, éstos se encuentran en los alimentos en cantidades muy pequeñas. Cabe mencionar a otros componentes de los alimentos, como el agua, que es común en prácticamente todos los alimentos y del que depende la concentración del resto de los nutrientes. Otro componente es la fibra, que es destacado por su papel en la mecánica digestiva.

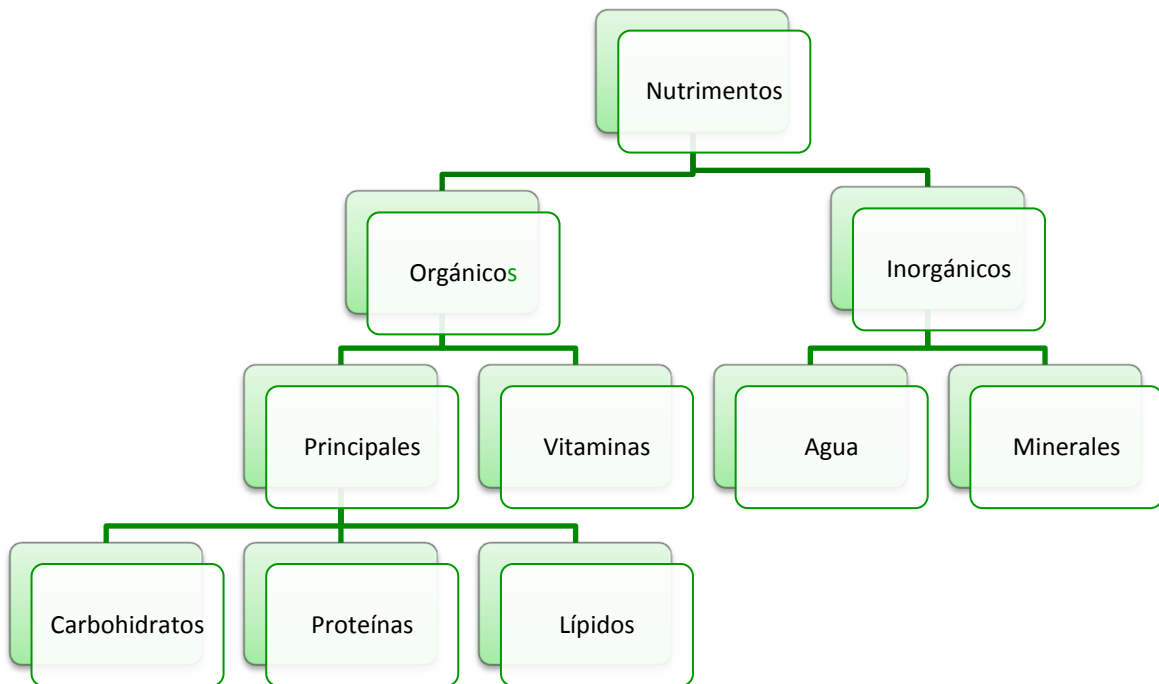


Fig. 1. Composición de los alimentos (Fernández (2003) en <http://es.slideshare.net>)

En la figura 1 se presenta la composición de los alimentos de acuerdo a Fernández (2003), en el que divide los nutrimentos en orgánicos e inorgánicos, de los cuales en los orgánicos hace mención de los carbohidratos, las proteínas y los lípidos como los principales, ya que son los macronutrimentos que aportan la mayor cantidad de energía.

- NO NUTRIMENTOS

Los alimentos contienen además una serie de compuestos no nutritivos, mucho más numerosa, especialmente en los alimentos de origen vegetal. Estos componentes son principalmente aromas, pigmentos y otros metabolitos, que tienen gran importancia en la relación del alimento con su entorno y que le proporcionan características sensoriales y organolépticas. Muchos de ellos pueden jugar un papel fundamental como factores de protección frente al estrés oxidativo y a la carcinogénesis. Las plantas sintetizan una gran cantidad de compuestos, muchos de los cuales son fisiológicamente activos cuando se consumen.

### **2.2 Composición nutrimental de los frutos**

En la composición química general de las frutas destaca un elevado contenido acuoso y su casi inapreciable contenido graso, así como el hecho de ser buena fuente de vitaminas y minerales. Su contenido de proteínas es bajo, sin embargo el aporte de fibra alimentaria es elevado en la mayoría de los casos. Todo ello hace que su consumo sea imprescindible para conseguir beneficios importantes en el organismo, por ejemplo para prevenir enfermedades crónicas y lograr una alimentación sana y equilibrada (Ruíz-Rodríguez, 2014).

- AGUA

El agua es el componente mayoritario de los frutos y su contenido depende de la disponibilidad durante su desarrollo y el momento de la recolección, así pues, su contenido acuoso puede verse afectado por las oscilaciones diarias de temperatura, condiciones del suelo, entre otros factores. En cualquier caso se trata de contenidos elevados, entre el 50 - 90% del peso total del fruto, lo que dificulta la conservación de estos alimentos durante un largo tiempo, haciéndolos susceptibles a la contaminación fúngica (Ruíz-Rodríguez, 2014).

- LÍPIDOS

Los lípidos constituyen un grupo diverso de compuestos, generalmente solubles en disolventes orgánicos pero con escasa solubilidad en agua. Son los componentes principales del tejido adiposo y, junto con los carbohidratos y proteínas, constituyen los

principales componentes estructurales de las células vivas, formados en su mayoría por ésteres de glicerol y ácidos grasos. Los lípidos de los alimentos suelen designarse como grasas o aceites, en función de su estado físico, sólido o líquido a temperatura ambiente (Ruíz-Rodríguez, 2014).

Su composición, estructura cristalina, sus propiedades de fusión y su capacidad de asociación con el agua y otras moléculas no lipídicas ofrecen especial importancia en relación con sus propiedades funcionales en numerosos alimentos. Durante el procesado, el almacenamiento y la manipulación de los alimentos, los lípidos sufren complejos cambios químicos y reaccionan con otros constituyentes, produciendo numerosos compuestos unos favorables y otros desfavorables para la calidad del alimento. Los lípidos juegan un papel importante en la nutrición. Suministran calorías y ácidos grasos esenciales, vehiculan vitaminas y mejoran la sensación bucal de los alimentos, sin embargo, han sido objeto de controversia con respecto a su toxicidad, su contribución a la obesidad y al riesgo de sufrir ciertas enfermedades (Nawar, 2000).

- MINERALES

Los minerales son micronutrientes (se necesitan en bajas cantidades) que desempeñan funciones estructurales y/o metabólicas esenciales y específicas. La dieta debe aportarlos en cantidades suficientes, pero no excesivas, para cubrir sus requerimientos y en forma disponible para que las necesidades puedan ser satisfechas; es decir, en una forma utilizable y acompañados de otros componentes que permitan su absorción y correcta metabolización y función. Por otra parte, deben evitarse cantidades excesivas, superiores a los límites tolerables, porque los mecanismos fisiológicos para eliminarlos son limitados y además pueden interferir entre sí, por lo que es importante mantener un equilibrio entre la ingesta de minerales en la dieta (Ruíz-Rodríguez, 2014).

Los elementos químicos principales o macroelementos que se llaman así por estar en mayor concentración en los alimentos (con respecto a otros minerales) incluyen el calcio, el magnesio, el sodio y el potasio. Los elementos químicos traza o microelementos que se llaman así por estar en menor concentración en los alimentos, e incluyen el hierro, cobre, manganeso y zinc. Estos elementos minerales mayores y elementos traza están involucrados en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos que son importantes en los seres humanos al afectar el agua y el equilibrio electrolítico, catálisis metabólicas, la unión del oxígeno, y funciones de las hormonas y son factores importantes para la formación de hueso y la membrana (Nile y Park, 2014).

- **PROTEÍNAS**

Los aminoácidos, péptidos y proteínas son componentes importantes de los alimentos. Constituyen el principal componente estructural de las células y tejidos del organismo y son indispensables para su adecuado funcionamiento. La diversidad funcional de las proteínas se debe fundamentalmente a su composición química, siendo polímeros muy complejos formados por hasta 20 aminoácidos distintos. Nueve de ellos deben aportarse por la dieta (no pueden ser sintetizados por el ser humano) y son llamados esenciales.

Por un lado, proporcionan los elementos necesarios para la síntesis proteica. Por otro, los aminoácidos y péptidos contribuyen directamente al sabor de los alimentos y son precursores de los componentes aromáticos y las sustancias coloreadas que se forman mediante reacciones térmicas y/o enzimáticas que ocurren durante la obtención, preparación y almacenamiento de los mismos. Las propiedades funcionales de las proteínas (capacidad para formar o estabilizar geles, espumas, masas, emulsiones y estructuras fibrilares) en los alimentos están relacionadas con sus características estructurales y físico-químicas (Belitz y Grosch, 1997; Aranda y Aparicio, 2013). La mayor parte de ellas desempeñan papeles funcionales y no de reserva como ocurre en los cereales y los frutos secos; además muchas son enzimas (Wills *et al.*, 1999).

- **FIBRA**

La American Association of Cereal Chemists (AACC, 2001), define la fibra como “la parte comestible de los alimentos de procedencia vegetal o los carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y la absorción en el intestino delgado humano, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso y capaz de promover efectos beneficiosos. Químicamente, la fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de las plantas. Fisiológicamente, la fibra dietética promueve efectos beneficiosos como el efecto laxante y/o la disminución de los niveles de colesterol y de glucosa de la sangre.

Según Gray (2006) las fracciones que conforman la fibra alimentaria son:

- **Polisacáridos No Almidón**
  - Celulosa: polisacárido lineal no ramificado formado por unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos, cuya función en los frutos es fundamentalmente estructural además de ser el mayoritario de la pared celular.

- Hemicelulosa: heteropolisacáridos con estructuras complejas que pueden contener glucosa, xilosa, manosa, galactosa, arabinosa, fructosa, ácido glucurónico y ácido galacturónico, en función de las distintas fuentes.
  - Polisacáridos pécticos: polímeros complejos del ácido D-galacturónico, con posibles ramificaciones de galactosa, arabinosa y fructosa.
  - Gomas o mucílagos: son polímeros no estructurales que están presentes en los alimentos vegetales, que no se disponen en la pared celular sino en el citoplasma celular.
- Oligosacáridos Resistentes: no son digeribles por parte de las enzimas endógenas que hay en el tracto digestivo humano.
  - Carbohidratos Análogos: a este grupo pertenecen sustancias como almidón resistente a hidrólisis por amilasa, dextrinas indigeribles, carbohidratos sintéticos, entre otros.
  - Lignina: No es un polisacárido, sino un polímero complejo formado por unidades de fenilpropano como los alcoholes coniferílico, p-cumarílico y sinapílico.
  - Otras Sustancias Asociadas: glicoproteínas, ceras, cutina, suberina y compuestos fenólicos.

Los polisacáridos que constituyen la fibra alimentaria tienen gran importancia, tanto desde el punto de vista organoléptico (por contribuir a dar textura a los alimentos), como nutricional. Su ingesta en cantidades adecuadas produce efectos muy beneficiosos sobre el tracto digestivo, en la regulación del tránsito intestinal y como preventivo del cáncer de colon. Además, la fibra soluble (sustancias pécticas principalmente) influye sobre la lipemia y la arteroesclerosis en el hombre y animales y su presencia se ha asociado con una disminución del colesterol plasmático. También se ha visto que pueden contribuir a la prevención de trastornos intestinales como estreñimiento, diverticulitis y cánceres intestinales (Martínez *et al.*, 1993; Flamm *et al.*, 2001; Gray, 2006).

- CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos constituyen más del 90% de la materia seca de los vegetales, siendo el grupo de componentes mayoritario de los frutos. Dentro de éste grupo existe una gran diversidad de estructuras moleculares diferentes, tamaños y formas, así como una gran variedad de propiedades físicas y químicas. Por otra parte, son susceptibles de modificaciones químicas y bioquímicas de gran interés para mejorar sus propiedades y para ampliar su uso. En los frutos, se encuentra como almidón, azúcares libres y fibra alimentaria. Nutricionalmente se pueden clasificar en disponibles (almidón y azúcares, que proporcionan energía para el funcionamiento del organismo) y no disponibles (fibra



alimentaria). Los carbohidratos disponibles más importantes de los frutos son los azúcares libres. Estos contenidos incluyen fructosa, glucosa y sacarosa, más abundantes que en las hortalizas, y cuyo contenido aumenta con la maduración de los frutos (Lunn y Buttriss, 2007).

### **2.3 Factores de la calidad nutrimental en productos hortofrutícolas**

De los diferentes atributos que engloban la calidad de un fruto, han adquirido una especial relevancia los relacionados con los aspectos sensoriales y nutrimentales. La calidad nutrimental y la organoléptica reflejan la composición química del fruto, ya que determina características evaluadas por el consumidor como el color, aroma, sabor, textura y el valor nutrimental a proporcionar.

Para obtener una producción de calidad se requiere un adecuado crecimiento de la planta y desarrollo del fruto durante el periodo pre cosecha, es decir el tiempo en el que el fruto adquiere sus características nutrimentales.

Los factores pre cosecha que influyen sobre la calidad son muy diversos y están interrelacionados entre sí. Unos dependen intrínsecamente de la planta como la integración del flujo de energía, agua y nutrimentos, mientras que otros son de tipo genético, ambiental y de cultivo (Romojaro *et al.*, sin fecha).

- **FACTORES AGRONÓMICOS**

Tanto el contenido de un nutrimento como el equilibrio entre dos o más pueden afectar al crecimiento y estado fisiológico del fruto, pudiendo originar alteraciones tanto por deficiencia como por una dosis excesiva.

Otros factores agronómicos como las características del suelo, textura, drenaje y disponibilidad de nutrimentos afectan sobre todo el tamaño y aspecto externo del fruto.

- **FACTORES AMBIENTALES**

Uno de los factores climáticos que más afectan a la calidad del fruto son las altas temperaturas, pudiendo originar un amplio abanico de alteraciones. La magnitud del daño depende de la temperatura, tiempo de exposición, estado de desarrollo del fruto, entre otras condiciones.

A pesar de que éstos factores han sido estudiados y utilizados para mejorar la producción de cultivos convencionales, deben considerarse también factores que influyen en todo tipo de frutos, como en los silvestres, ya que como se menciona las condiciones en que una planta desarrolla un fruto son determinantes en su calidad nutrimental.

### **2.4 Domesticación de cultivos silvestres**

Las especies vegetales que han sido sometidas a este proceso de domesticación han ido sufriendo progresivamente procesos evolutivos, lo que ha provocado en ellas una serie de cambios morfológicos, fisiológicos y genéticos tan profundos que en muchos casos resulta muy difícil reconocer su progenitor silvestre (Tardío *et al.*, 2002; Arroyo, 2008).

Actualmente, aunque el uso de los alimentos procedentes de plantas silvestres ha descendido en favor de las plantas cultivadas, en los ambientes rurales se ha mantenido por diversos motivos. En primer lugar, la inseguridad de las cosechas ha ocasionado periodos de escasez de alimentos debido tanto a las condiciones meteorológicas adversas como a las guerras, consustanciales con la humanidad. En segundo lugar, la estacionalidad de las producciones hacía que las plantas silvestres supusieran un buen complemento y un importante aporte nutrimental adicional en determinadas épocas del año. Los grandes avances en la agricultura, especialmente en los últimos cincuenta años, han resuelto en gran parte estos dos problemas, pero por contrapartida, se ha abandonado en gran medida el uso de alimentos silvestres y, por lo tanto, se están perdiendo muy rápidamente los conocimientos populares sobre muchas de las especies silvestres que han usado nuestros antepasados (Tardío *et al.*, 2002; Botella *et al.*, 2007). Sin embargo, las plantas silvestres como alimentos, además de aportar nutrimentos son una fuente de identidad cultural para muchas personas y grupos étnicos, lo que refleja un profundo e importante conjunto de conocimientos sobre el medio ambiente, la supervivencia y la vida sostenible, ampliamente conocido como conocimiento ecológico tradicional (Turner *et al.*, 2011).

### **2.5 Frutos silvestres: un recurso subutilizado y la importancia de su estudio**

El consumo de plantas silvestres, si bien es inherente a la mayoría de las civilizaciones, se ha mantenido con diferente intensidad en las diferentes culturas. La cantidad y la calidad de los conocimientos tradicionales varían entre las diferentes áreas de estudio y está estrechamente relacionado con las tradiciones, el medio ambiente y el patrimonio cultural de cada país. Así, las plantas silvestres tienen un papel importante en la vida de los pueblos indígenas de todo el mundo (Hadjichambis *et al.*, 2008), y han sido particularmente importantes en épocas de hambruna o conflictos cuando los mecanismos normales de suministro de alimentos se interrumpen y las poblaciones locales o desplazadas han visto limitado el acceso a otro tipo de alimentos (Turner *et al.*, 2011). Sin embargo, en condiciones normales, las plantas silvestres han desempeñado un papel importante complementando los alimentos básicos para proporcionar una dieta

equilibrada en muchas poblaciones, tal y como pueden volver a hacerlo en el futuro (Tardío *et al.*, 2006).

Las comunidades rurales de México comúnmente complementan su alimentación con decenas de especies de plantas comestibles recolectadas en los bosques y la vegetación secundaria que circunda su territorio. Estudios etnobotánicos en distintas regiones del país han documentado más de 1,500 especies de plantas comestibles silvestres que llegan a constituir entre 8 y 17% de la dieta anual de las familias campesinas (Lascuráin *et al.*, 2010).

De ciertas especies se tiene un amplio conocimiento, en cambio de otras no se han realizado estudios y aún más, se ha perdido el hábito de consumirlas y por consiguiente el conocimiento tradicional que de ellas se tenía. Esto puede deberse a diversos factores, entre ellos la pérdida de la cultura local, la transformación de los ecosistemas y el difícil acceso a los terrenos donde se encuentran.

Generalmente los frutos que se producen o recolectan a baja escala, son llamados, especies subutilizadas, estas especies podrían representar alternativas alimentarias. A pesar de que en los últimos años se han identificado importantes propiedades sobre el contenido nutritivo de algunos frutos silvestres comestibles, es necesario seguir realizando estudios de ese tipo para conocer los recursos disponibles y aprovecharlos de la mejor manera sin llegar a sobreexplotarlos (Lascuráin *et al.*, 2010).

Se entiende por “variedades silvestres”, a aquellos materiales que constan de cierta integridad genética, reconocibles morfológicamente (tradicional y etnobotánicamente conocidas por multitud de nombres diferentes en función de la zona geográfica) y que difieren de las cultivadas en su adaptación al tipo de suelo, fecha de siembra y maduración, altura, valor nutritivo, uso y otras propiedades (FAO, 1996; Nuez, 2010). Gracias a estas características de adaptación, estas variedades han formado sistemas homeostáticos en los que algunos individuos han mantenido niveles aceptables de producción ante cualquier agresión del medio, como plagas, enfermedades o accidentes climatológicos (FAO, 1996).

La diversidad en la flora y las diferentes formas en las que los habitantes de un determinado territorio han aprovechado los recursos naturales disponibles en ese momento han generado un conocimiento popular muy rico en cuanto a la utilización de las plantas se refiere. La alimentación es un aspecto muy conservador de la cultura, pero el deterioro del uso y conocimiento de las plantas silvestres comestibles ha sido mayor que el observado en las plantas comestibles cultivadas.

El incremento del conocimiento de la composición de los frutos silvestres puede ayudar a diversificar la oferta de frutas en la dieta, a conservar las tradiciones, y contribuir a un

desarrollo sostenible de las sociedades rurales que habitan en dicha zona geográfica (Ruíz Rodríguez, 2014).

### 2.6 Familia Caricaceae

Árboles o arbustos, lactíferos; hojas alternas, pecioladas, generalmente partidas o compuestas, a veces simples, enteras o lobadas; flores unisexuales (y entonces las plantas son dioicas), rara vez hermafroditas; cáliz corto, 5-lobado; las masculinas dispuestas en cimas o panículas por lo general axilares, con la corola infundibuliforme, 5-lobada, estambres 10 (a veces 5) insertos en la garganta corolina, gineceo ausente o reducido; las flores femeninas solitarias o en cimas paucifloras, con la corola campanulada, ovario súpero, unilocular o 5-locular, estigmas 5, sésiles o sobre un estilo corto, óvulos numerosos sobre placentas parietales; fruto una baya; semillas por lo común numerosas, ovoides a elipsoides, con la superficie externa mucilaginosa y la inmediata endurecida, ornamentada o lisa, endospermo abundante, embrión recto (Calderón y Lomelí, 1993).

Es esencialmente americana, de probable origen sudamericano. Se encuentran dos especies en África y el resto de ellas crecen silvestres en América. La distribución en el mundo se puede observar en la figura 2 contiene cinco géneros y cerca de 37 especies. En México hay cuatro géneros con ocho especies; dos géneros y tres especies son endémicos del país (Badillo, 1995).

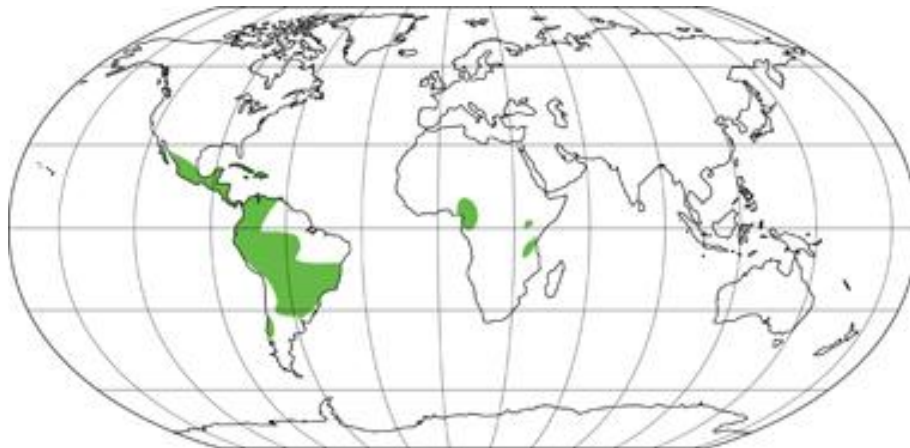


Fig. 2. Mapa de distribución geográfica de la familia Caricaceae (tomado de <http://www.thecompositaehut.com>).

### 2.7 *Jacaratia mexicana* A. DC.

Dentro de la familia Caricaceae se localiza el género *Jacaratia*, que cuenta con siete especies de las cuales dos han sido reportadas en nuestro país: *Jacaratia mexicana* y *Jacaratia dolichaula*.

Anteriormente se le consideraba en el género *Carica*, sin embargo, Díaz y Lomelí (1997), reconocen el género *Jacaratia* (Badillo, 1995).

Su sinonimia es la siguiente:

- 1864 *Jacaratia mexicana* A. DC.
- 1883 *Jacaratia cónica* Kerber
- 1887 *Carica heptaphylla* Sessé & Moc
- 1901 *Pileus heptaphyüus* Sessé & Moc.
- 1919 *Pileus pentaphyllus* Becerra
- 1924 *Pileus mexicanus* Johnston
- 1924 *Leucopremna mexicana* Standley
- 1961 *Carica mexicana* S. DC.

En el cuadro se muestran dos sistemas de clasificación para *Jacaratia mexicana* A. DC. El primero de Cronquist (1981) y uno más reciente realizado por la APG III (2009).

Cuadro 2. Clasificación de *Jacaratia mexicana*.

Cronquist (1981)	APG III (2009)
División: Magnoliophyta	Clado Angiospermas Angiospermae Lindley [P.D. Cantino & M.J. Donoghue]
Clase: Magnoliopsida	Clado Eudicotiledóneas <i>Eudicotiledoneae</i> M.J. Donoghue, J.A. Doyle & P.D. Cantino
Subclase: Dillenidae	Clado Rosidae Rosidae Takhtajan [W.S. Judd, P.D. Cantino, D.E. Soltis & P.S. Soltis]
Orden: Violales	Clado Málvidas <i>Malvidae</i> W.S. Judd, D.E. Soltis & P.S. Soltis
Familia: Caricaceae	Orden: Brassicales Bromhead
Género: <i>Jacaratia</i>	Familia: Caricaceae Dumort
Especie: <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Especie: <i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.

## 2.8 Morfología

*Jacaratia mexicana* o también conocida como cuaguayote o bonete; es un árbol de hasta 10 m de hasta alto, con el tallo grueso, cuya corteza es lisa, de color gris, a menudo caducifolio en floración. Las hojas tienen peciolo muy largos y están divididas de tres a siete foliolos unidos en un mismo punto, el foliolo central generalmente es más grande, de borde entero u ondulado. Las flores son de color amarillo pálido, un poco veloso por dentro. El fruto es una baya ovoide a angostamente elipsoide, 5-angulada, pulposa, de 13 a 18 cm de largo por cuatro a seis centímetros de ancho, el ápice atenuado, el epicarpio es color verde con matices rojos, con gran cantidad de semillas ovoides, pequeñas rugosas, la esclerotesta morena clara; el mesocarpio varía de textura y color en la máxima madurez (Moreno, 1980).

En la fig. 3, se puede apreciar un esquema de la morfología de las hojas, flores y fruto de *Jacaratia mexicana*, en él detallan las medidas de cada órgano. La fig. 4 muestra una fotografía de los frutos de un árbol de la especie.

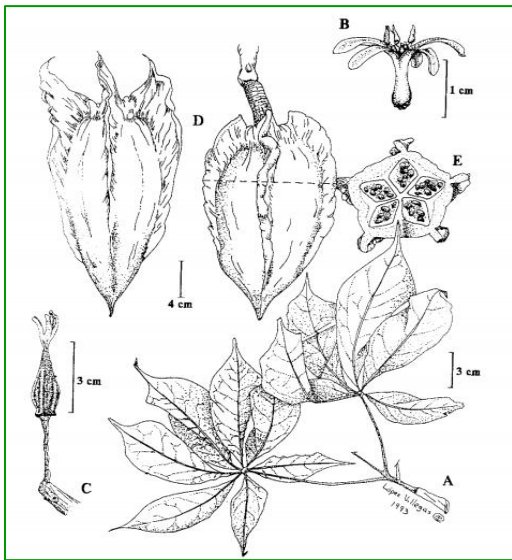


Fig. 3. Morfología de *Jacaratia mexicana* A. hojas, B. y C. flores, D. fruto entero y E. Corte transversal del fruto. Fuente: Jiménez de Loera, 2012.



Fig. 4. Árbol de *J. mexicana* con frutos  
Fuente: redbio.una.edu.ni

De acuerdo a Martínez (1959) y Pennington y Sarukhán (1998), el fruto madura en primavera antes de que se renueven las hojas, encontrándose en los meses de enero a abril para su consumo. Sin embargo según Noguera *et al.*, (2002) maduran en semanas o meses, durante la temporada de sequía y no cambian totalmente el color verde al madurar, sino sólo se crean manchas de color amarillas a rojizas. Los frutos se caen hasta que empiezan a descomponerse.



La planta contiene látex tanto en el tallo como en sus frutos, en mayor cantidad cuando éstos se encuentran inmaduros. Algunos autores han propuesto que el látex, es producido principalmente como un mecanismo de defensa de la planta hacia el medio ambiente, desde los factores climáticos hasta la protección contra ataques de herbívoros (Alarcón, 2009).

No se conoce su ciclo de reproducción, sin embargo se sabe que la fecundidad no depende tanto de su tamaño, sino más bien del éxito en la polinización y acumulación de nutrimentos en la planta. Necesita varias polinizaciones para lograr la producción máxima de semillas (Jiménez de Loera, 2012).

De la descripción de la morfología de la semilla, destaca: la sarcotesta, altamente hidrofílica, de consistencia mucilaginoso, citada como la causante de la latencia en la semilla por la presencia de inhibidor (Lange, 1961; Ortíz, 1974); la endotesta, el exotegmen y el mesotegmen, que aportan alta resistencia a la cubierta de la semilla, lo que permite su permanencia en los ambientes de sequía y altas temperaturas. La principal reserva nutritiva del endospermo y embrión son proteínas y aceites (Jiménez de Loera, 2012).

### 2.9 Distribución

El género *Jacaratia* se distribuye desde el centro de México, hasta el norte de Argentina. La especie *Jacaratia mexicana* A. DC. Se distribuye en regiones con bosque tropical caducifolio de Nicaragua, El Salvador y México (Chiapas, Oaxaca, Morelos, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Yucatán) (Jiménez de Loera, 2012).



Fig. 5 Mapa de distribución geográfica de *Jacaratia mexicana*. Los puntos son los sitios de recolecta. El entramado horizontal representa las poblaciones cultivadas y el entramado en diagonal sugiere una posible distribución. Mapa adaptado de Ortíz (1974), se emplearon datos de recolecta de Gómez (2000), así como de Arias *et al.*, (2010).

En la figura 5 se aprecia un mapa de la distribución de la especie en nuestro país, en el cual se encuentran marcados los sitios de recolecta y localización, la distribución probable y las poblaciones cultivadas.

### **2.10 Importancia de *Jacaratia mexicana* A. DC.**

Los árboles y arbustos que producen frutos comestibles cumplen diferentes funciones ecológicas en los bosques donde crecen, como la aportación de nutrientes a la tierra, alimento para la fauna, ayudan a la conservación de los suelos y agua, entre otros (Lascuráin *et al.*, 2010).

En el caso de *Jacaratia mexicana* A. DC. la literatura sugiere que su uso se remonta a épocas prehispánicas, aunque no ha adquirido una gran importancia económica. Pérez-Bouza (1994) indica el uso de ésta especie por culturas antiguas, como son la maya y la mexicana, ya que la palabra cuaguayote significa calabaza en ambos dialectos.

En un listado de plantas usadas por los mayas prehispánicos, se menciona que *J. mexicana* tiene uso medicinal y comestible (Barrera, 1999 y García de Miguel, 2000).

Desde el siglo XVI se reporta al fruto como comestible, valorándolo como alimento complementario en los mercados tradicionales en México (Landa, 1559).

“El fruto bien conocido, es muy grande y sabroso, viene a los mercados de ésta capital procedente de los estados de Morelos, Guerrero y Puebla”. Se cultiva y vende sólo a escala local (Anales del museo Nacional de México. El Museo. 1905).

Los antiguos mayas consumían el tallo rayado con el maíz, al igual que actuales pobladores de algunas comunidades en el estado de Colima, para la fabricación de tortillas, mezclan la harina del tallo con el maíz (Moreno 1980 en Díaz y Lomelí, 1997).

Los tlahuicas y los olmecas utilizaban las hojas para envolver la carne de los animales que cazaban, a fin de ablandarlas, este procedimiento también se utilizado por los totonacas en Veracruz (Briones *et al.*, 1994; Pérez-Sabino 2002).

Entre los usos medicinales Roys en 1931 reporta que el estado de Yucatán *J. mexicana* se utiliza para tratar abscesos, biliosidades, bubones, principios de ictericia, pus en la orina, enfermedades de la piel; postemas y fuegos (Osado 1834; Anon 1949, citado por Arellano *et al.*, 2003; Martínez 1959), ronchas y tuberculosis pulmonar (Osado 1834).

A continuación en el cuadro 3 se presentan los padecimientos en que se emplea a la especie.



Cuadro 3. Padecimientos tratados con *Jacaratia mexicana* (tomado de Jiménez de Loera).

Referencia	Padecimientos	Parte de la planta empleada	Modo de uso
López y Xolalpa, 1997 en Jiménez de Loera, 2012 Martínez, 1959	Tratamiento de fuegos en boca (herpes labial). Desinflamante en lesiones ocasionadas por fuego bucal.	Látex (de la planta y del fruto verde)	No reportado
Martínez, 1959 Ruíz-Terán <i>et al.</i> , 2008 en Jiménez de Loera, 2012	Ulceraciones de la mucosa bucal, evitar la acumulación de la pus, calor estomacal (mal de boca y aftas) y apostemas.	Látex (de la planta y del fruto verde)	No reportado
Suárez, 2010 en Jiménez de Loera, 2012	Para el dolor de muelas y facilitar su extracción.	Látex	El látex se aplica mediante un hisopo a las muelas picadas
López y Xolalpa, 1997 en Jiménez de Loera, 2012	Erupciones cutáneas en la piel.	No reportado	No reportado
Martínez, 1959	Desinflamante en otros padecimientos.	Las semillas (no especificado)	No reportado
Guizar y Sánchez, 1991 en Arias <i>et al.</i> , 2010	Supresor del apetito.	Semillas	Consumo
Martínez, 1959 Ruíz-Terán <i>et al.</i> , 2008 en Jiménez de Loera, 2012	Problemas digestivos.	Frutos inmaduros, semillas y el látex	Consumo
Bolívar-Fernández, 2010 en Jiménez de Loera, 2012	Parásitos intestinales; remedio para las lombrices.	Semillas o la resina	Masticar las semillas para matar parásitos en general, o la resina de la planta como remedio para las lombrices.
Bolívar-Fernández, 2010 en Jiménez de Loera, 2012	Laxante	No reportado	No reportado

Monroy y Monroy (2004) señalan que *J. mexicana* nace y crece de manera silvestre (en zonas conservadas) pero los pobladores favorecen su crecimiento con cuidados. En otro estudio, Cuanalao y Guerra (2008) resaltan la importancia de la especie en solares que son lugares de recreación en algunas localidades, los cuales contribuyen al ingreso económico familiar a través de la venta de los frutos y su derivado (bebida), así como un ahorro, ya que los animales de traspatio se alimentan de ella.

También se reporta que en Yucatán, se utiliza la hoja, fruto y tallo como alimentación de ganado equino, bovino y porcino. En el caso de la producción porcina, se considera una de las especies arbóreas de uso potencial para la cría de cerdos (Flores y Bautista, 2005) y en Michoacán las hojas y los frutos son utilizados como forraje, dado su contenido de proteína cruda 27.21 %, materia orgánica 85.6 %, fibras FDN 29.5 %, FDA 17.1 %, de calcio 3.1 % y fósforo 0.2 % (González *et al.*, 2007).

En la actualidad se consumen, los frutos inmaduros en sopas o guisos combinándose con otros ingredientes. En Michoacán, Guerrero y Puebla el fruto tierno se come en sopa, en el municipio de Nocupétaro, Michoacán aún lo consumen como ensalada (Olivares, 2003; Secretaría de Desarrollo Rural, 2005-2011). Muy maduro el fruto se come como fruta fresca, en ensaladas y con la pulpa fresca se elabora agua.

Cuando se encuentra maduro, antes de descomponerse lo preparan en conserva o como dulce tradicional cristalizándolo. En la región de Tzitzio, Michoacán se produce café con la pulpa deshidratada (Jiménez de Loera, 2012).

En algunas regiones del país las semillas se consumen e incluso se venden en los mercados. En Guerrero principalmente se consumen luego de haberlas secado o tostado; en algunas ocasiones se les enjuaga posterior al secado para que se les desprenda la testa y se les coloca sal tostándolas nuevamente. Se come como botana y se agrega a tacos y salsas, tostadas o en atoles su sabor es agradable, como ya se mencionó antes, su consumo se remonta a épocas prehispánicas por lo que se infiere que aparentemente no ocasiona ningún trastorno. (Ortíz 1974; Secretaría de Desarrollo Rural 2005; Olivares 2003).

### **2.11 Estudios sobre *Jacaratia mexicana* A. DC.**

En los años 40's se iniciaron los estudios bioquímicos y enzimáticos sobre *J. mexicana*. Castañeda *et al.*, realizó los primeros estudios enzimáticos sobre la especie, los cuales se encuentran enlistados a continuación:

- 1942 On a new protease from *Pileus mexicanus*.
- 1945 Crystallization of mexicain.

- 1974 Proteinasas de plantas mexicanas: Determinación de pesos moleculares de proteinasas cisteínicas por concentración de grupos tioles.
- 1975 Proteinasas de plantas mexicanas: III. Mexicaína, preparación y caracterización.
- 1976 Proteinasas de plantas mexicanas: V. Investigaciones acerca de la actividad de la mexicaína y la hemisfericina.

Los estudios realizados sobre las propiedades proteolíticas del látex de cuaguayote condujeron al descubrimiento de la enzima denominada como mexicaína (Castañeda-Agulló *et al.*, 1942).

Los primeros estudios realizados sobre la mexicaína indicaron que es una enzima proteolítica con características muy similares a las de la papaína, enzima extraída de *Carica papaya*, planta perteneciente a la misma familia. Bustamante-Díez (1973) observó que la mexicaína posee ciertas características que superan algunas propiedades de la papaína, como por ejemplo: el presentar una mayor actividad sobre el sustrato macromolecular caseína, así como también sobre el sustrato sintético éster etílico de N-benzoil-L arginina (Alarcón, 2009).

Las proteasas del látex de *Jacaratia mexicana* pueden competir en aplicaciones industriales donde se usa la papaína, principalmente en la de alimentos y en la farmacéutica. Además, presentan actividades farmacológicas de importancia como la mitogénica y la angiogénica (Briones *et al.*, 1994).

Ortíz (1974) reportó que el fruto tiene 2.2 % de proteína, 0.2 % de grasa y 6.7 % de carbohidratos y la semilla presenta 25 %, 33.8 % y 9.2 %, respectivamente.

Villanueva Arce *et al.*, (2006) analizan la médula del tronco para obtener harina, en la que encontraron alto contenido de fibra y cenizas, con 24-27 % y 15-17 % respectivamente.

En 2007, investigadores del Instituto Politécnico Nacional formularon una botana al utilizar las semillas del fruto. Por su cantidad de fibra mejora la función gastrointestinal y complementa una alimentación sana.

Jiménez- Aguirre *et al.*, (2011) realizaron un estudio similar, sus resultados para el fruto fueron: humedad 9.2 %. En base seca; proteínas 2.2 %; lípidos 38.8 %; minerales 9.4 %; fibra 3.03 % y carbohidratos solubles 46.57 %; en la semilla: humedad 6.7 % y en base seca; proteína 25 %; lípidos 33.8 %; minerales 8.3 %; fibra 12.8 % y carbohidratos solubles 20.1 %.

### III. JUSTIFICACIÓN

*Jacaratia mexicana* es una especie nativa de México y la han utilizado algunas comunidades desde la época prehispánica, sin embargo, existen pocos estudios con respecto a la composición química del fruto, por lo que es importante conocer el aporte nutrimental que proporciona al consumidor y algunos de los compuestos volátiles que produce.

### IV. HIPÓTESIS

Al realizar el análisis químico de los frutos de la *Jacaratia mexicana*, se conocerá si el contenido nutrimental de ésta especie contribuye favorablemente a la alimentación de la población que la consume. Por otra parte, el análisis de sus compuestos volátiles revelará cuales son responsables de su aroma y sabor.

### V. OBJETIVOS

#### 5.1 General

Determinar el contenido nutrimental y fitoquímico de la pulpa y semillas del fruto de *Jacaratia mexicana* (cuaguayote) procedente de Tecolapa, Guerrero en dos etapas de madurez.

#### 5.2 Específicos

- Determinar cuantitativamente humedad, pH, lípidos, cenizas, proteínas totales, fibra cruda, azúcares reductores y carbohidratos totales de las semillas y la pulpa en dos etapas de madurez.
- Realizar un análisis preliminar del aceite y determinar sus ácidos grasos por cromatografía de gases.
- Aislar las pectinas de las semillas y realizar el análisis químico preliminar de éstas.
- Obtener los compuestos volátiles de los extractos metanólicos de pulpa en dos etapas de madurez y semillas, mediante cromatografía de gases.

## VI. MÉTODO

### 6.1 Recolecta

Los frutos fueron recolectados en la localidad de Tecolapa perteneciente al municipio de Olinalá, Guerrero. Éstos se cortaron con guantes y pinzas de jardinero.

Se transportaron en una hielera al laboratorio de “Química vegetal y biotransformaciones” de la FES Zaragoza, en donde se almacenaron hasta ser utilizados.

### 6.2 Análisis nutrimental

Los frutos fueron cortados de forma longitudinal, para ser separados en grupos, de acuerdo a textura y color de la pulpa y textura de las semillas, ya que el epicarpio (cáscara) del fruto no cambia de color con la madurez. Se conformaron dos grupos: M1 y M2, de los cuales se obtuvo promedio de peso y longitud. También se separaron pulpa y semillas, con la finalidad de determinar en cada una los parámetros citados a continuación.

#### 6.2.1 HUMEDAD

A cada fruto se le extrajo la pulpa y las semillas, que por separado se pesaron y se metieron a una estufa ciclos 50-60 a una temperatura de 60°C hasta peso constante. El contenido de humedad se determinó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$H=pi-pf$$

Donde:

pi: peso inicial de la muestra

pf: peso final de la muestra

#### 6.2.2 pH

Se tomaron muestras de 1 g tanto de la pulpa como de las semillas pulverizadas, se les agregaron 10 mL de agua y se pusieron en un shaker marca Orbit en agitación constante a 100 rpm durante 30 min, posteriormente se filtraron y se les tomó lectura con un potenciómetro.

### 6.2.3 LÍPIDOS (GRASA)

Se pesaron 5 g de muestra molida. Se extrajo con un equipo Soxhlet utilizando como disolvente 25 mL de hexano. El extracto se concentró en un rotavapor y con ayuda de una pipeta Pasteur se vertió en un frasco previamente pesado. Se dejó evaporar el disolvente restante y se pesó para obtener el rendimiento.

### 6.2.4 CENIZAS (MINERALES)

Se pusieron 3 crisoles a peso constante en una mufla a 300°C.

Se pesó 1 g de muestra para cada crisol. La muestra fue carbonizada con un mechero Bunsen, un tripié y un triángulo de porcelana, posteriormente los crisoles con la muestra carbonizada se llevaron a la mufla a una temperatura de 500°C y permanecieron ahí hasta que las cenizas se tornaron blancas.

Para obtener el porcentaje de cenizas, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = ((B-A)/PM) 100$$

Donde:

A: peso del crisol (constante)

B: peso del crisol con muestra calcinada

PM: peso de la muestra

### 6.2.5 PROTEÍNAS

En un equipo Kjeldahl se digirieron 0.02 g de muestra con mezcla digestiva ( $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ) y óxido de mercurio como catalizador. Se dejaron hasta que el contenido del matraz se tornó color blanco. Se adicionó NaOH al 30 % a la mezcla de reacción y se destiló, la cola de destilación se sumergió en un vaso de precipitados con solución de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0.1N, al cual previamente se le tomó el pH. Después de la destilación se volvió a tomar el pH al  $\text{H}_3\text{BO}_3$  y se tituló con HCl 0.1N hasta regresar al pH inicial (Instituto de Salud Pública de Chile). Para el cálculo de proteínas se empleó la siguiente fórmula:

$$\%N = (14) (N) (V) (100) / (m) (1000)$$

$$\%Proteína = (\%N) (\text{Factor})$$

Donde:

N: normalidad del titulante

V: mililitros gastados

m: masa de la muestra (g)

Factor: 6.25

### 6.2.6 FIBRA CRUDA

Se pesaron 2 g de muestra desengrasada y se agregaron 200 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25 % hirviendo. Se puso a reflujo durante 30min. Se filtró y lavó con agua destilada hirviendo y se agregaron 200mL de NaOH al 1.25 %, se volvió a reflujo 30min. Se filtró y lavó nuevamente con agua destilada hirviendo, se realizó un segundo lavado con HCl al 1 %, se lavó por tercera vez, ahora con agua destilada hasta pH neutro y se realizó un último lavado con alcohol etílico. Se transfirió a un crisol previamente puesto a peso constante, la muestra se incineró a 550°C por 30min.

Finalmente las muestras se sacaron y se pesaron.

Para éste cálculo se utilizará la siguiente fórmula:

$$\%Fibra = (A-B/PM) 100$$

Donde:

A: peso del crisol a peso constante con muestra seca

B: peso del crisol con muestra calcinada

PM: peso de la muestra

### 6.2.7 AZÚCARES REDUCTORES

Se pesó 1 g de muestra y se transfirió a un matraz aforado, se adicionaron 20 mL de agua, 3.6 mL de ferrocianuro y 4.2 mL de acetato de zinc. Se agitó y aforó a 50 mL. Se tomaron 10 mL de la mezcla anterior y se transfirieron a un matraz Erlenmeyer, en donde se hidrolizó con HCl 0.1 N (2 mL), se colocó en baño maría por 5 min. Después de enfriar, se adicionó NaOH 0.1 N hasta reacción levemente ácida. Se agregaron 5 mL de solución de Felhing I, 5 mL de Felhing II y 10 mL de agua. Se calentó durante 6 min, tiempo en el que se formó un sobrenadante (óxido de cobre), el cual se filtró al vacío, se lavó con etanol y éter etílico, se secó y se pesó (Instituto de Salud Pública de Chile).

Para el cálculo de del peso del óxido de cobre se realizó la siguiente operación:

$$\text{Cu}_2\text{O} = \text{peso final} - \text{peso del papel filtro}$$

Se utilizó la tabla Hammond de Munson & Walker para obtener las equivalencias del óxido de cobre y los azúcares reductores (ANEXO 1).

### 6.2.8 DETERMINACIÓN DE ALMIDÓN

Se tomó 1 g de muestra de cada etapa y se mezclaron con 5 mL de agua durante 1 min. La suspensión obtenida se transfirió a un vaso y se dejó en reposo 20 min. Posteriormente se decantó y el sobrenadante se licuó nuevamente con agua destilada. Se dejó en reposo 40 min. El sedimento fue licuado por 1 min y dejado en reposo 30 min. Se filtró y se lavó hasta que el agua fue translúcida. Se secó en una estufa (Jiménez-Hernández, 2007).

### 6.2.9 CARBOHIDRATOS TOTALES

Son la diferencia del 100% menos humedad, lípidos, cenizas y proteínas (Morillas y Delgado, 2012).

Con la siguiente fórmula se obtuvo el porcentaje de carbohidratos:

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ lípidos} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ proteínas})$$

## 6.3 Análisis del aceite

El análisis de caracterización se realizó con el aceite obtenido en el método de lípidos.

### 6.3.1 ÁCIDOS GRASOS LIBRES (%)

Basado en la NMX-F-101-1987

Se pesaron 0.7 g de muestra del aceite y se le agregaron 7.5 mL de alcohol etílico, se calentó suavemente en baño de vapor a reflujo hasta que se disolvió completamente. Posteriormente se le añadió una gota de fenolftaleína preparada el 1 % en etanol. Se tituló la mezcla con solución de KOH valorada, hasta coloración rosada persistente.

Con la siguiente fórmula se obtuvo el porcentaje de ácidos grasos libres:

$$\% \text{ ácidos grasos libres} = ((\text{meq}) (N (V)/P) 100$$



Donde:

meq: mili equivalente químico del ácido graso de referencia, en éste caso el ácido oleico (0.282)

N: normalidad de la solución de KOH

V: volumen de solución de KOH gastados en la titulación de la muestra

P: peso de la muestra en gramos

### 6.3.2 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Se pesó 1 g de muestra y se pasó a un matraz bola, se agregaron 25 mL de solución alcohólica de KOH 0.1 N y se colocó a reflujo durante 1 h con agitación constante. Se tituló en caliente con HCl 0.1 N, utilizando fenolftaleína como indicador. Simultáneamente se realizó un blanco.

Para calcular el índice de saponificación se utilizó la siguiente fórmula:

$$IS = (A - B) / M \times 56.11$$

Donde:

A: mL de HCl gastados por el blanco

B: mL de HCl gastados por la muestra

M: peso de la muestra (g)

### 6.3.3 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Se tomó la muestra con una pipeta Pasteur y se puso una gota en el refractómetro Abbe 315 RS. Se tomó lectura.

### 6.3.4 ÍNDICE DE YODO

Basado en la NMX-F-408-S-1981

Para obtener el índice de yodo se siguió el método de Hanus. Se pesaron 0.2 g de muestra a un matraz Erlenmeyer y se le añadieron 5 mL de cloroformo y 12.5 mL del reactivo de Hanus. Se pusieron a oscuridad durante 60 min y posteriormente se le agregaron 5 mL de yoduro de potasio y 37.5 mL de agua. Se valoró con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , empleando almidón al 1 %. Se realizó un blanco.

Se realizaron los cálculos utilizando la siguiente fórmula:

$$IY= (A-B) 1.269/M \times N$$

Donde:

A= mL de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  gastados por el blanco

B= mL de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  gastados por la muestra

N= concentración de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

M= peso de la muestra (g)

### 6.3.5 DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

Se tomaron 0.5 g de muestra y se pusieron a reflujo durante 4 h con una mezcla de benceno, metanol y ácido sulfúrico concentrado (Soler *et al.*, 1988). La mezcla de reacción se lavó hasta pH neutro y se extrajo con hexano, ésta mezcla contiene los ésteres metílicos del aceite, los cuales fueron llevados al cromatógrafo de gases.

## 6.4 Análisis de pectinas

### 6.4.1 EXTRACCIÓN DE PECTINAS

A 5 g de semillas se les agregaron 70 mL de HCl 0.1 N y se pusieron en calentamiento durante 30 min a 75-85°C. Posteriormente se les agregaron 20 mL de etanol para precipitar las pectinas y se filtraron con una tela. Por último se expandieron sobre la superficie de un vidrio hasta secarse y se removieron con una espátula.

Para obtener el porcentaje de pectinas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%pectinas= (PP/PM) 100$$

Donde:

PP: peso de las pectinas

PM: peso de la muestra

#### 6.4.2 GRUPOS METOXILO, ÁCIDO GALACTURÓNICO LIBRE Y GRADO DE ESTERIFICACIÓN.

Se pesaron 0.5 g de pectina y se mezclaron con etanol y agua proporción 1:50. Posteriormente se tituló con NaOH 0.1 N, utilizando fenolftaleína al 1 % como indicador. Los valores fueron registrados como titulación A.

A la disolución anterior se le agregaron 10 mL de NaOH 0.5 N y se dejó reposar 30 min, a continuación se adicionaron 10 mL de HCl 0.5 N para neutralizar. Se tituló nuevamente con NaOH 0.1 N y los datos fueron registrados como titulación B (Gamboa, 2009; Grünaer, 2009).

Para obtener el porcentaje de los grupos metoxilos (-OCH<sub>3</sub>) y del ácido galacturónico (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>) se tomó en cuenta que:

1 mL de NaOH 0.1 N gastado en la titulación A= 19.414mg de C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>

1 mL de NaOH gastado en la titulación B= 3.044mg de -OCH<sub>3</sub>

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$\% \text{ metoxilos} = ((\text{meq NaOH tit B}) (31) / \text{PM}_{\text{mg}}) 100$$

Donde:

meq NaOH tit B: mili equivalentes del NaOH gastados en la titulación B

Peso molecular de -OCH<sub>3</sub>: 31

PM<sub>mg</sub>: peso de la muestra de pectinas en mili gramos

$$\% \text{ ácido galacturónico} = (P \text{ C}_6\text{H}_{10}\text{O}_7 / \text{PM}_{\text{mg}}) 100$$

Donde:

P C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>: peso del ácido galacturónico en mili gramos

PM<sub>mg</sub>: peso de la muestra en mili gramos

$$\% \text{ grado de esterificación} = ((\text{Tit. A} + \text{Tit. B}) / \text{Tit. B}) 100$$

Donde:

Tit. A: mili litros gastados en la titulación A

Tit. B: mili litros gastados en la titulación B

### 6.5 Análisis fitoquímico

Se obtuvieron extractos metanólicos de semillas en etapa M2 y pulpa en etapas M1 y M2 de los que se realizó cromatografía de gases. A parte se cuantificaron por métodos volumétricos los compuestos fenólicos totales y los taninos.

#### 6.5.1 COMPUESTOS FENÓLICOS

Se tomaron 2.5 g de muestra de extracto y se llevaron a un matraz volumétrico de 250 mL, se agregaron 10 mL solución de NaOH al 10 % y se llevo a volumen con agua. De la alícuota anterior se tomaron 5 mL y se transfirieron a un matraz aforado de 200 mL, se diluyó a 50 mL aproximadamente, se añadió 1 gota de naranja de metilo, se diluyó con ácido nítrico diluido en agua v/v 1:4 hasta solución neutra y se aforó.

Se colocaron 5 mL de la solución diluida a tubos de ensayo (2, uno etiquetado como A y otro como B) y en dos tubos aparte colocar 5 mL de solución de fenol estándar al 1 % (C y D). Se añadieron 5 mL de reactivo de Millon, se mezcló y se colocaron todos los tubos en baño de agua hirviendo (30 min), se dejó enfriar e inmediatamente se pasaron por un baño de agua fría (10 min). Se añadieron 5 mL de disolución de ácido nítrico a cada tubo, se mezclaron y añadieron 3 mL de formaldehido al 0.74 % a uno de cada par de tubos (A y C). Se dejó en agitación durante 12 horas.

Se transfirieron 20mL de C y D a matraces volumétricos de 100mL y se añadieron 5mL de ácido nítrico, se aforó. El matraz con solución roja contendrá el “fenol estándar” (C) y la solución amarilla será “fenol blanco” (D).

Se tomaron 10mL de A y B, la solución color naranja o roja se etiquetó como “desconocido” (A) y el amarillo “blanco de la muestra” (B).

Se tituló B con C y A con D hasta cambio de color.

Cada mL de de fenol estándar utilizado= 2 % de fenol, si se utilizan exactamente 2.5 g de muestra, por lo que los valores del fenol se obtuvieron mediante una extrapolación de acuerdo a la cantidad de muestra utilizada (AOAC, 1980).

#### 6.5.2 TANINOS

Se pesaron 1 g de la muestra, se adicionaron 40 mL de agua y se calentó durante 1 hora. Se filtró utilizando lana de vidrio, se enfrió y se transvasó a un matraz volumétrico de 50 mL, se aforó con agua. Ésta es la solución A. Se tomaron 10 mL de dicha solución y se pasaron a un matraz aforado de 25 mL, se agregaron 5 mL de solución de grenetina y se

aforó con solución de NaCl ácido, se vaciaron en un matraz cónico que contenía 2 g de caolín. Se agitó 15 min y se filtró. Ésta se etiquetó como solución B.

1 mL de solución A se colocó en un matraz Erlenmeyer de 100 mL, se agregaron 2.5 mL de solución de índigo carmín y se diluyó a 75 mL. Se tituló con permanganato 0.008 M hasta que cambió de azul a amarillo y luego a rosa pálido (mL A). Se titularon también 2.5 mL de solución B (mL B). Al volumen de ambas titulaciones se les restaron los volúmenes de los blancos.

1 mL de permanganato 0.2 M=0.0416 g de taninos (ácido galotánico), de manera que 1 mL de permanganato 0.008 M=0.001664 g de taninos (Kirk y Sawyer, 1998).

### 6.5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Utilizando el programa EXCEL 2007 y los datos obtenidos, se realizó un análisis estadístico, en el que se obtuvo la t de student, por ser ésta prueba para muestras pequeñas, acercándose a una distribución normal (ver ANEXO 2).

**VII. RESULTADOS**

**7.1 Análisis nutrimental**

Los frutos recolectados se separaron en dos grupos: “etapa M1” y “etapa M2” de acuerdo a algunas características organolépticas como: color y textura de la pulpa y dureza de las semillas. Se pesaron, cortaron y se midieron longitudinalmente (ver figura 6).

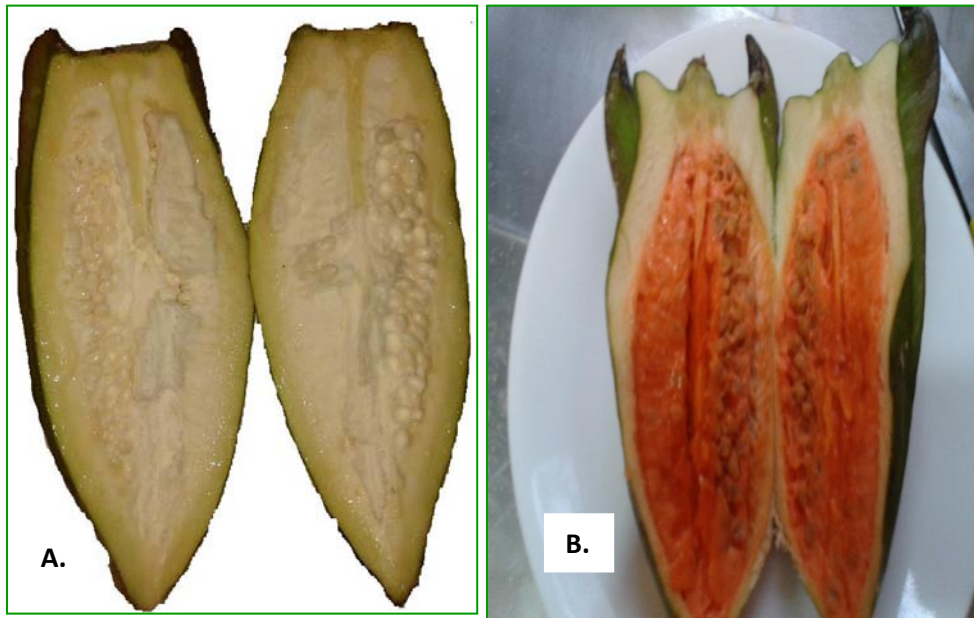


Fig. 6. Corte transversal de los frutos. A. Fruto en etapa M1. B. Fruto en etapa M2

El epicarpio del fruto no cambia de color en el proceso de maduración por lo que no se puede saber la etapa en la que se encuentra a simple vista.

Cuadro 4. Promedio de longitud y peso de los grupos M1 y M2

Parámetro/Etapa	M1	M2
Peso	416.93g	663.53g
Longitud	17.73cm	23.23cm

Existe un aumento tanto en el peso como en la longitud del fruto de una etapa a otra como se observa en el cuadro 4.

**7.1.1 ANÁLISIS NUTRIMENTAL DE SEMILLAS**

El promedio y la desviación estándar de los resultados del análisis nutricional en base húmeda se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Promedio y desviación estándar del análisis de parámetros nutrimentales las semillas.

Parámetros	Semillas M1	Semillas M2
Humedad	80.05±0.01	92.64±0.015
Lípidos	3.55±0.39	2.15±0.25
Cenizas	1.78±0.05	0.3±0.05
Proteínas	6.78±2.9	3.96±0.4
Carbohidratos totales	7.84±2.5	0.95±0.3

En la figura 7 de la parte inferior se puede observar el 100% total del contenido nutricional de las semillas en etapa M1.

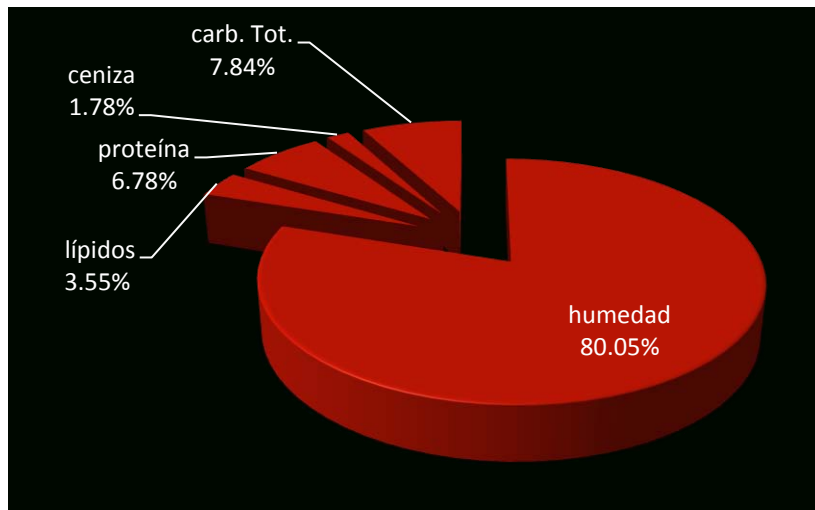


Fig. 7 Contenido nutricional de las semillas de *Jacaratia mexicana* en etapa M1.

En el caso de las semillas en etapa M2 en la figura 8, se observa un aumento en el contenido de agua, mientras que los otros nutrientes disminuyeron.

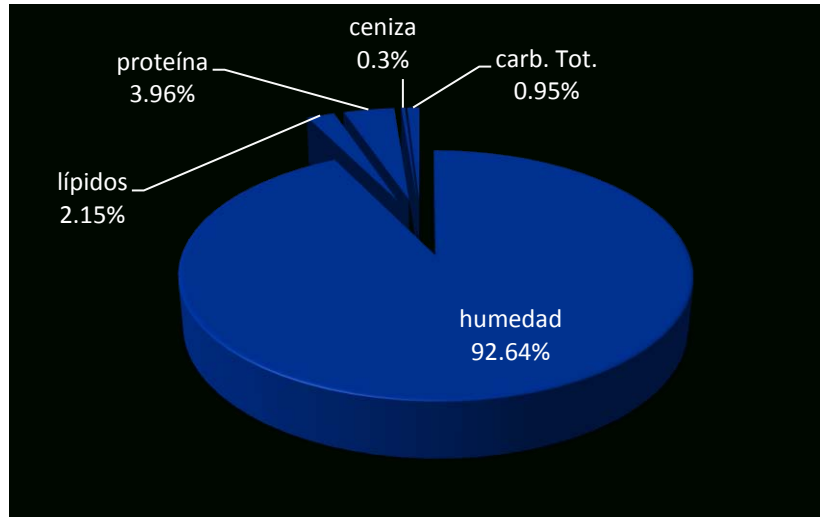


Fig. 8 Contenido nutrimental de las semillas de *Jacaratia mexicana* en etapa M2.

De acuerdo al análisis estadístico existen diferencias significativas en humedad, lípidos, proteína, fibra y carbohidratos, mientras que para las cenizas no se encontró diferencia significativa.

Por otro lado, al hacer el análisis de los carbohidratos totales de las semillas, que como se sabe están conformados principalmente por: monosacáridos (glucosa), disacáridos (otros azúcares) y polisacáridos, que incluyen fibras, pectinas, féculas y almidón. Se encontró que los predominantes en las semillas de *Jacaratia mexicana* es el almidón, mientras que la presencia de glucosa es nula (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Promedio de los carbohidratos determinados en las semillas en cada una de las etapas.

Contenido (%)	Semillas M1	Semillas M2
Fibra cruda	0.669	1.929
Azúcares reductores (glucosa)	0	0
Pectinas	21.794	20.514
Almidón	91.85	82.7



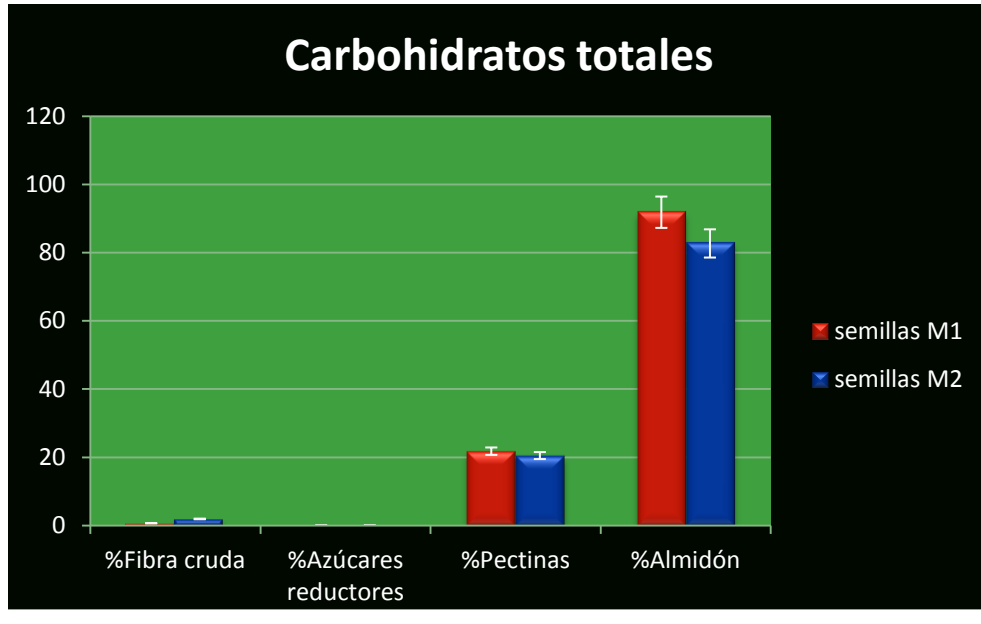


Fig. 9 Comparación del contenido de carbohidratos en las semillas de *Jacaratia mexicana* en dos etapas de madurez.

Del 7.84% total de carbohidratos que contenían las semillas en etapa M1, en la etapa M2 disminuyó hasta 0.95%, es decir, hubo una variación aproximadamente un 7%, lo cual también se puede apreciar en la figura 9, teniendo disminución en el contenido de almidón y pectinas, por lo que podríamos decir que hubo degradación de éstos carbohidratos así como aumento en su contenido en fibra.

### 7.1.2 ANÁLISIS NUTRIMENTAL DE PULPA

En cuanto a la pulpa, los resultados del análisis nutrimental se presentan en el cuadro 7 y son los siguientes:

Cuadro 7. Promedio y desviación estándar del análisis de parámetros nutrimentales de la pulpa.

%	Pulpa M1	Pulpa M2
Humedad	89.17±0.02	97.38±0.01
Lípidos	0.08±0.01	0.02±0.002
Cenizas	0.99±0.1	0.18±0.02
Proteínas	5.24±1.8	0.43±0.1
Fibra cruda	0.17±0.02	1.70±1.54
Carbohidratos totales	4.52±1.9	1.99±0.1

En la figura 10 se muestra el contenido nutrimental total de la pulpa en la etapa M1, mientras que la figura 11 indica el contenido nutrimental de la pulpa en la etapa M2.

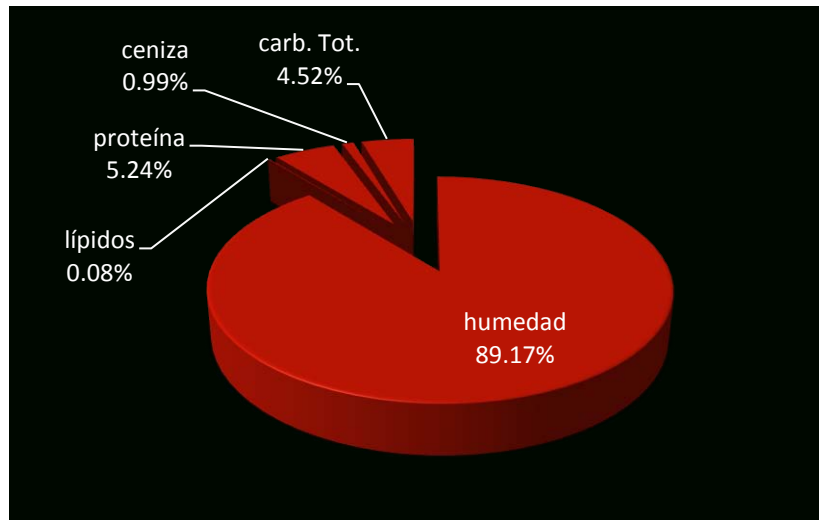


Fig. 10 Contenido nutrimental de la pulpa de *Jacaratia mexicana* en etapa M1.

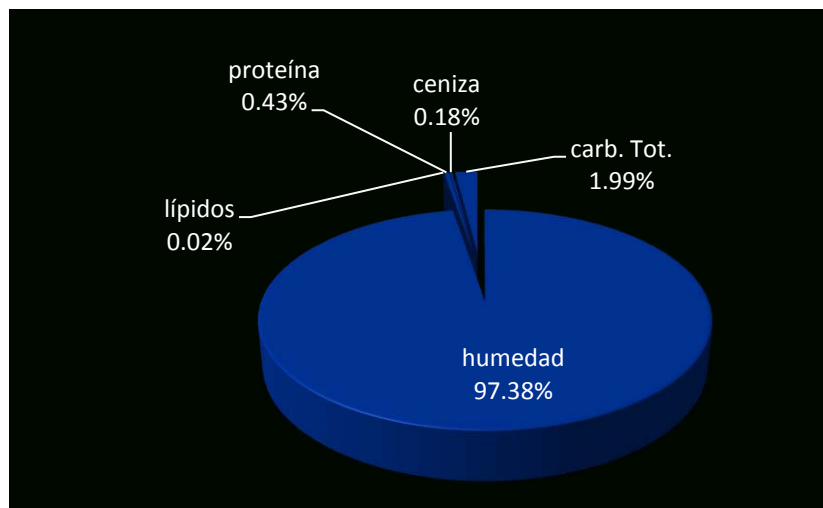


Fig. 11 Contenido nutrimental de la pulpa de *Jacaratia mexicana* en etapa M2.

Entre las dos etapas se puede apreciar un cambio en el porcentaje de los nutrimentos, con una disminución de cenizas hasta un 0.18% en M2, también el contenido en proteínas y carbohidratos es menor en ésta etapa con una diferencia de 4.81 y 2.53 % respectivamente, así como se observa un incremento en el contenido de agua.

En el análisis de la t de student se encontró que los parámetros con diferencias significativas son humedad, proteína, fibra y carbohidratos, en tanto que para lípidos, cenizas y azúcares reductores no se hallaron diferencias.

En relación al pH hay una disminución de la etapa M1 a la M2 como se puede observar en la figura 12, es decir la pulpa se acidificó, por lo tanto la síntesis de azúcares fue mínima.

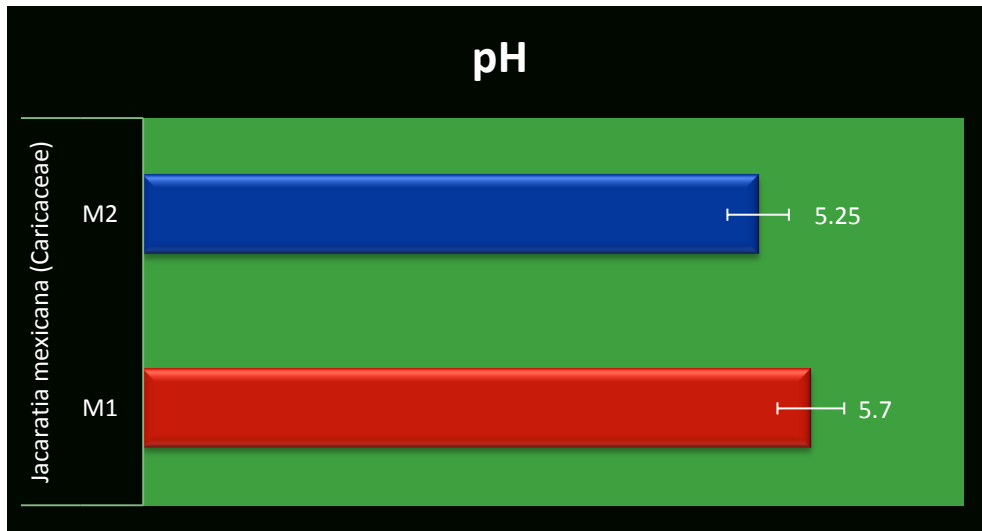


Fig. 12 pH de la pulpa en ambas etapas de madurez.

## 7.2 Análisis del aceite de semillas

### 7.2.1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS EN DOS ETAPAS

Al aceite extraído a partir de las semillas se le realizó un análisis químico que contempla los índices de acidez, saponificación, yodo y refracción. Los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis fisicoquímico del aceite de las semillas de *Jacaratia mexicana* en dos etapas de madurez

Índice	Aceite semillas <i>Jacaratia mexicana</i> M1	Aceite semillas <i>Jacaratia mexicana</i> M2
Acidez	8.33	4.98
Saponificación	80.95	135.09
Yodo	9.50	28.10
Refracción	1.466	ND

El índice de acidez en etapa M1 es aproximadamente el doble que en la segunda etapa, lo que indica que en M1 hay un mayor número de ácidos grasos libres, lo contrario ocurre en los otros índices, son más elevados los valores en etapa M2.

**7.2.2 CROMATOGRAFÍA DE GASES-MASAS DE LOS ÉSTERES METÍLICOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS**

Posterior al análisis preliminar se realizó una cromatografía de gases (CG) con el sistema Agilent 6890, con columna AT-FAME 30 m x 0.25 mm 0.25 um y una temperatura del inyector de 250°C temperatura FID 250 °C, horno 180 °C [15 min.] 10 °C/ min. 230 °C [3min.] Flujo 2.0 mL / min. Split 50.

Los tiempos de retención se compararon con los de ésteres metílicos estándares (método FAME).

Los ácidos grasos identificados se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Ácidos grasos identificados en la cromatografía de gases.

Ácido graso	M1		M2	
	t.r	% Área	t.r	% Área
Palmítico C16:0	5.025	17.802	5.13	20.234
Palmitoleico C16:1	-	NI	5.543	0.357
Esteárico C18:0	9.401	6.303	9.615	6.097
Oleico C18:1	10.162	70.856	10.351	68.517
Linoleico C18:2	-	NI	11.828	1.229
Linolenico C18:3	-	NI	14.580	0.150
Araquídico C20:0	17.029	0.468	17.254	0.374
Behénico C22:0	21.766	0.119	20.796	0.165

NI: no identificado

Se observa la ausencia de los ácidos palmitoleico, linoleico y linolenico en etapa M1. Así como un incremento en ácidos palmítico y behénico de una etapa a otra. Los ácidos esteárico, oleico y araquídico disminuyen de M1 a M2.

Enseguida se muestran los cromatogramas (figura 13 y 14) correspondientes a los aceites de ambas etapas analizadas, en los que se puede observar cada uno de los ácidos grasos identificados.

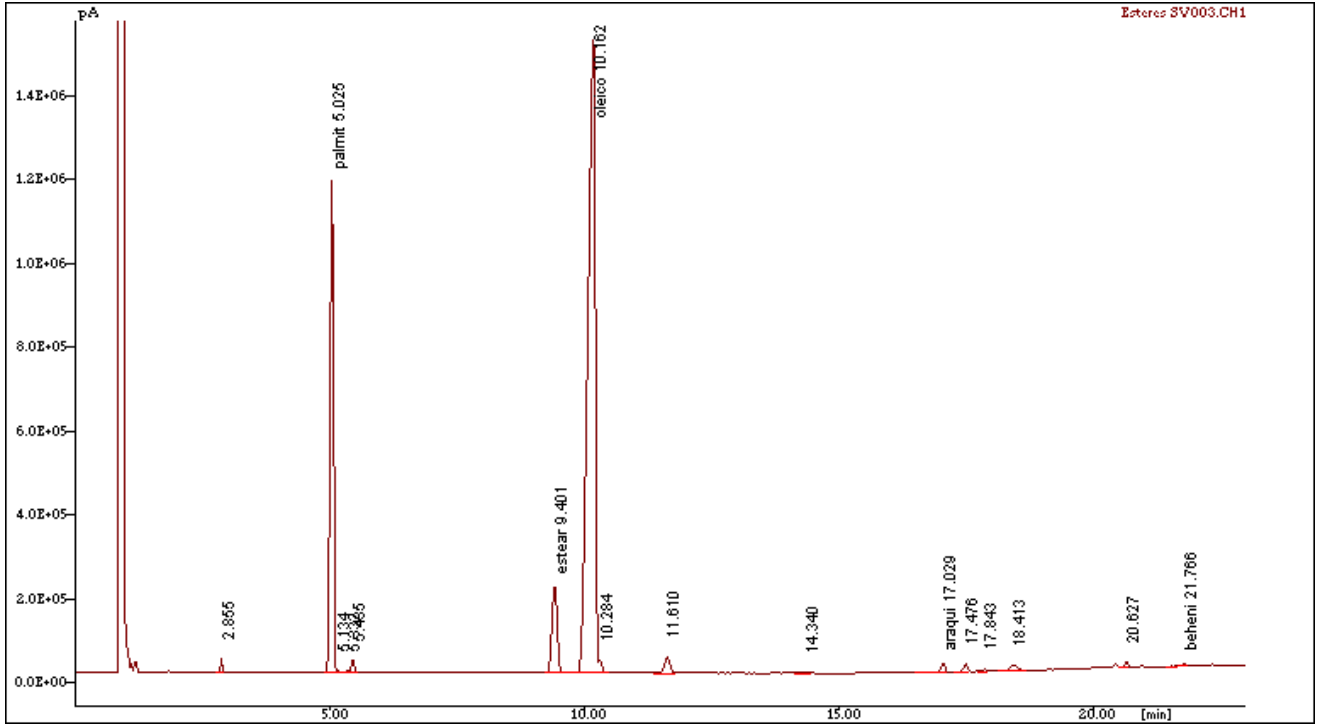


Fig. 13. Cromatograma de los ácidos grasos del aceite de semillas de *Jacaratia mexicana* en etapa M1.

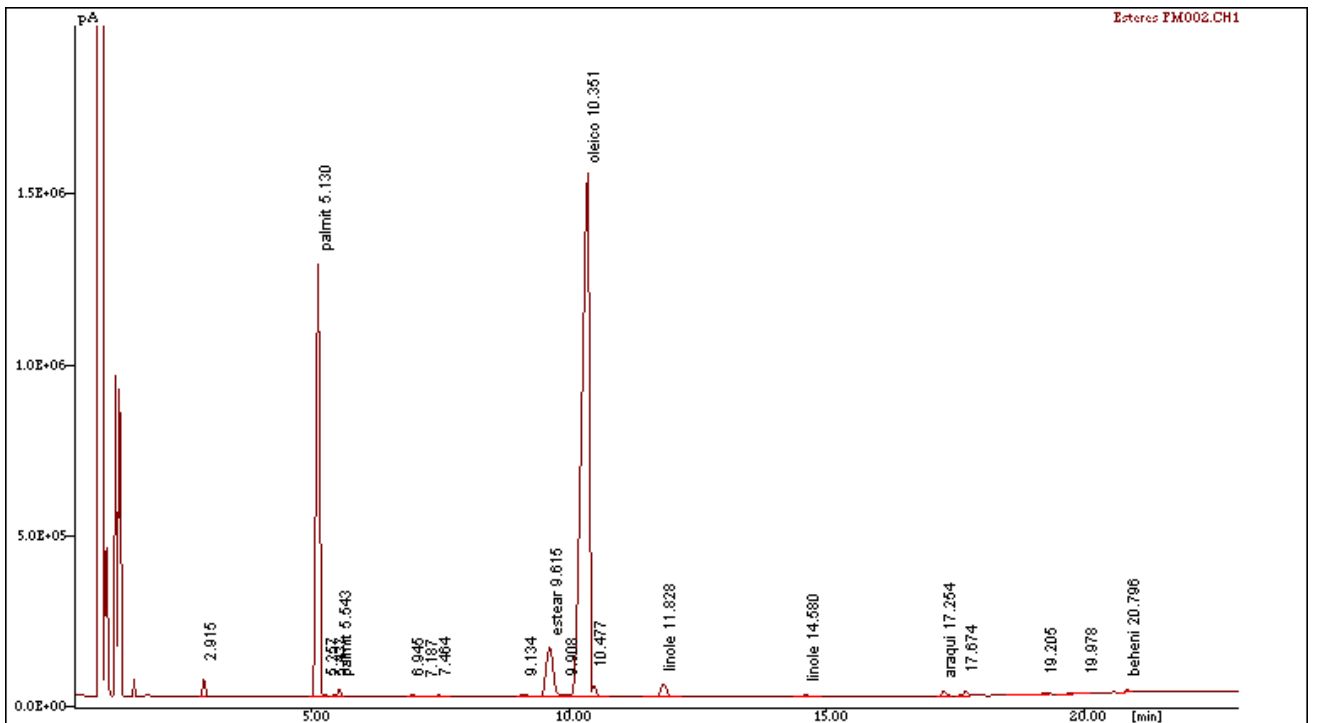


Fig. 14. Cromatograma de los ácidos grasos del aceite de semillas de *Jacaratia mexicana* en etapa M2.

Se identificaron el 95.548 % en M1 y 97.123 % en M2 del total de ácidos grasos, lo cual indica que se identificaron los ácidos grasos más importantes. Sin embargo en el análisis realizado al aceite de las semillas en etapa M1 se encontró que el único ácido graso insaturado identificado fue el oleico con un 70.856 % y un 24.692 % corresponde a ácidos grasos saturados identificados, principalmente el palmítico con un 17.802 %

El aceite obtenido de las semillas en etapa M2 contienen un 69.896% de ácidos grasos insaturados determinados, siendo el ácido oleico el más abundante de éste grupo, mientras que un 26.870% corresponde a ácidos grasos saturados identificados en la cromatografía, de éste porcentaje el 20% es de ácido palmítico.

### 7.3 Análisis de pectinas

Éste análisis se realizó únicamente en las semillas.

El rendimiento de las pectinas para las etapas M1 y M2 fueron del 21.59 % y 20.51 % respectivamente, lo que indica que hubo una disminución de éste carbohidrato de una etapa a otra.

Las pectinas cumplen una función lubricante y cementante en la pared celular de las plantas superiores; están implicadas en la textura y maduración de los frutos y en el crecimiento de los vegetales. Además, se encuentran asociadas con una parte sustancial de las materias estructurales de los tejidos blandos (parénquima de las frutas, celulosa y de las raíces carnosas) y le otorgan a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua (Gamboa, 2009).

Las sustancias pécticas son polímeros formados principalmente por unidades de (1-4)- $\alpha$ -D-ácido galacturónico (forma oxidada de la D-galactosa), se dividen en dos grupos según su esterificación de alto y bajo metoxilo (Grünauer, 2009).

Lo que diferencia a las pectinas entre si es su contenido en metoxilos llamados esteres metílicos (COOCH<sub>3</sub>) que es definido como el número de residuos de ácido D-galacturónico esterificado o metoxilados por el metanol (CH<sub>3</sub>OH), sobre el total de ellos, expresado en tanto por ciento.

Para las pectinas de la etapa M2 se realizó un espectro IR que se muestra en la figura 15, el cual indica que entre los 3300 – 3500 cm<sup>-1</sup> se encuentra la banda correspondiente a los grupos –OH, entre los 2900 – 3000 cm<sup>-1</sup> el grupo CH, entre los 1700 – 1800 cm<sup>-1</sup> el grupo C=O de los ésteres, entre los 1500-1700cm<sup>-1</sup> el grupo C=O de los ácido, entre los 1000-1200 cm<sup>-1</sup> el grupo C-O.

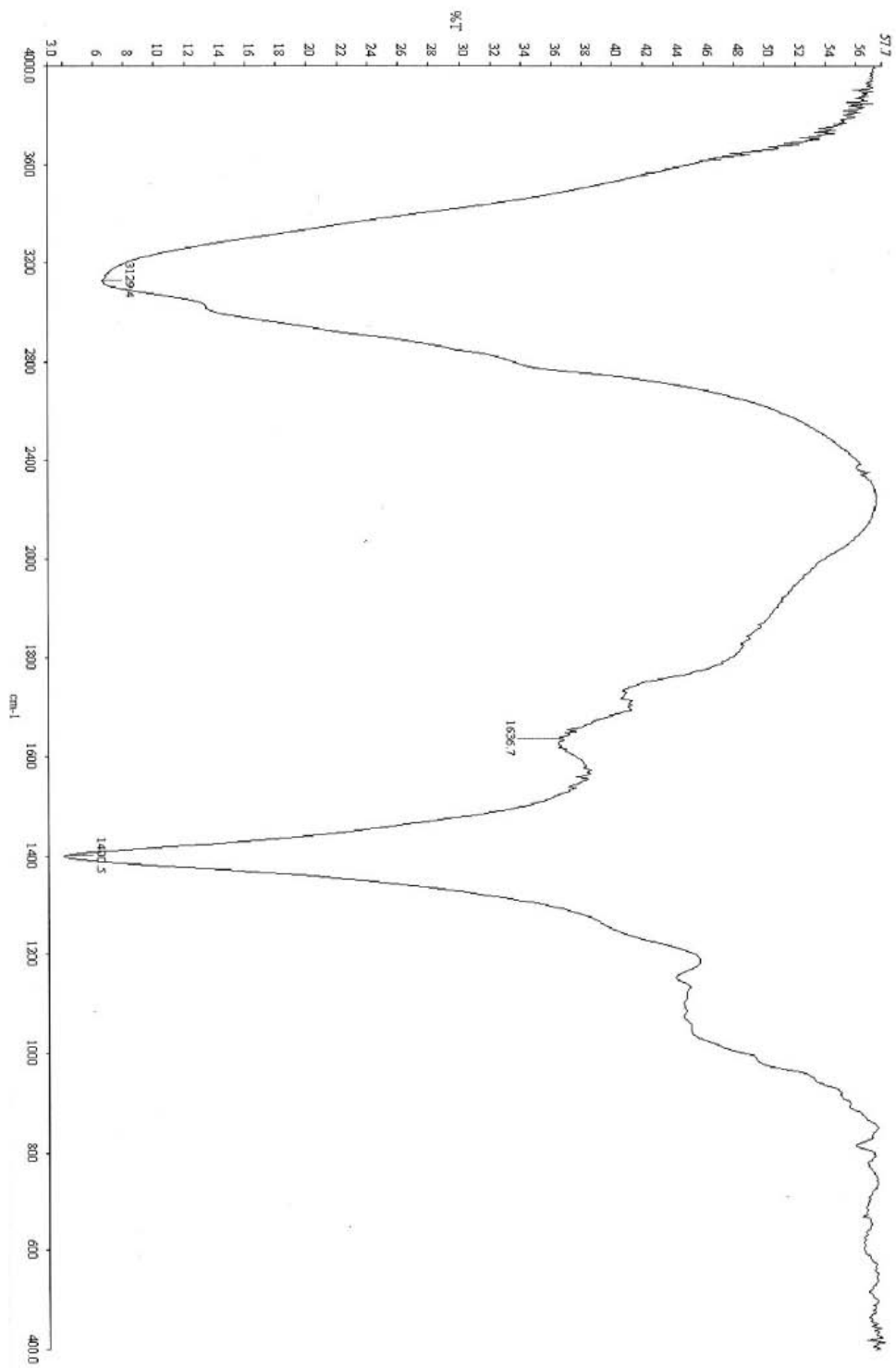


Fig. 15 Infrarrojo de pectinas de *Jacaratia mexicana*

Finalmente se analizaron las pectinas extraídas. Con éste análisis se determinaron grupos metoxílicos, ácido galacturónico libre y grado de esterificación. Los resultados de dicho análisis se pueden observar en el cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis químico de pectinas.

% Metoxilos	% Ácido galacturónico libre	% Grado de esterificación	% Ácido galacturónico total
2.32±0.19	22.5±0.19	39.59±1.9	62.09

Comparadas con pectinas estándar su grado de esterificación está por debajo, ya que las pectinas comerciales tienen un grado de esterificación del 81.50%.

#### 7.4 Análisis fitoquímico

##### 7.4.1 COMPUESTOS FENÓLICOS

El contenido de compuestos fenólicos es bajo, en el cuadro 11 se observa que en la prueba de fenoles hay un 0.369% en semillas, sin embargo para taninos la prueba da negativo, lo que nos indica que el contenido fenólico de las semillas no es precisamente de taninos. En el caso de la pulpa existe un incremento de una etapa a otra tanto en el porcentaje de fenoles como en el contenido de taninos, siendo éste muy bajo.

Cuadro 11. Contenido de compuestos fenólicos y taninos en semillas y pulpa, ésta última en dos etapas de madurez.

Compuestos fenólicos	Semillas	Pulpa M1	Pulpa M2
Fenoles totales	0.369 %	0.716 %	0.717 %
Taninos	Negativo	0.0029 %	0.0068 %

##### 7.4.2 CROMATOGRAFÍA DE GASES DE COMPUESTOS VOLÁTILES

Se realizó cromatografía de los extractos metanólicos obtenidos de pulpa en etapa M1, pulpa en etapa M2 y semillas en etapa M2, cabe mencionar que el material biológico para un extracto de semillas en etapa M1 era insuficiente, por lo que no se realizó ésta prueba para esa muestra.



- Cromatografía del Extracto de Pulpa en Etapa M1

En la figura 16 se muestra el cromatograma del extracto de pulpa en etapa M1, en donde se pueden apreciar los compuestos enlistados en el cuadro 12.

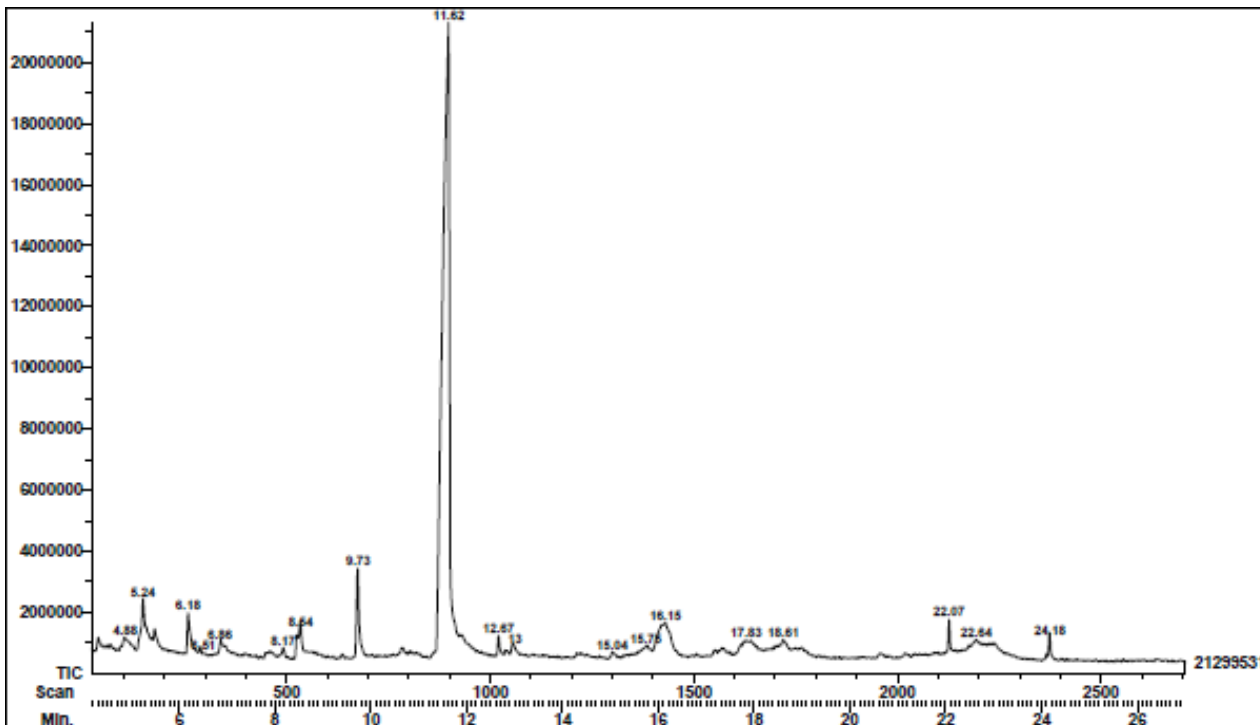


Fig. 16 Cromatograma del extracto metanólico de pulpa en etapa M1.

Cuadro 12. Lista de los compuestos identificados en el extracto de pulpa en etapa M1, con tiempo de retención (R.T.) y porcentaje de área de los compuestos.

T. R.	Pulpa en etapa M1 Compuestos	% Área
4.88	N, N'-carbonil-bis-acetamida	1.04
5.24	Butirolactona	4.217
6.18	5-metil-2-furancarboxaldehído	2.008
6.51	Ácido carboxílico del Ciclohexan-1,4,5-triol-3-ona	0.033
6.86	2-(hexilamino)-etanol	0.871
8.17	2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona	0.543
8.54	6-metil-2-pirazinilmetanol	1.7
9.73	2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona	4.027
11.62	5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehído	71.7
12.67	5-acetoximetil-2-furaldehído	0.68
13	N-[2-(thienil)acetiloxi]-2,5-pirrolidiona	0.9
15.04	4,5,6-pirimidinetriamina	0.178

15.75	1,2:5,6-dianhidrogalactitol	1.244
16.15	1,6,-anhidro-β-D-glucopiranososa (levoglucosan)	5.604
17.83	1,6-anhidro- β -D-galactofuranosa	1.576
18.61	3-deoxi-D-manoico lactona	0.834
22.07	Ácido hexadecanoico	0.921
22.64	Allo-inositol	0.952
24.18	1-Ciclohexilnoneno	0.96

En éste extracto se identificó el 99.99 % de su composición, por comparación de los espectros de masas con la biblioteca del equipo.

El compuesto más abundante es el 5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehído, con un porcentaje de área del 71.7, seguido por el levoglucosan con un 5.604.

- Cromatografía del Extracto de Pulpa en Etapa M2

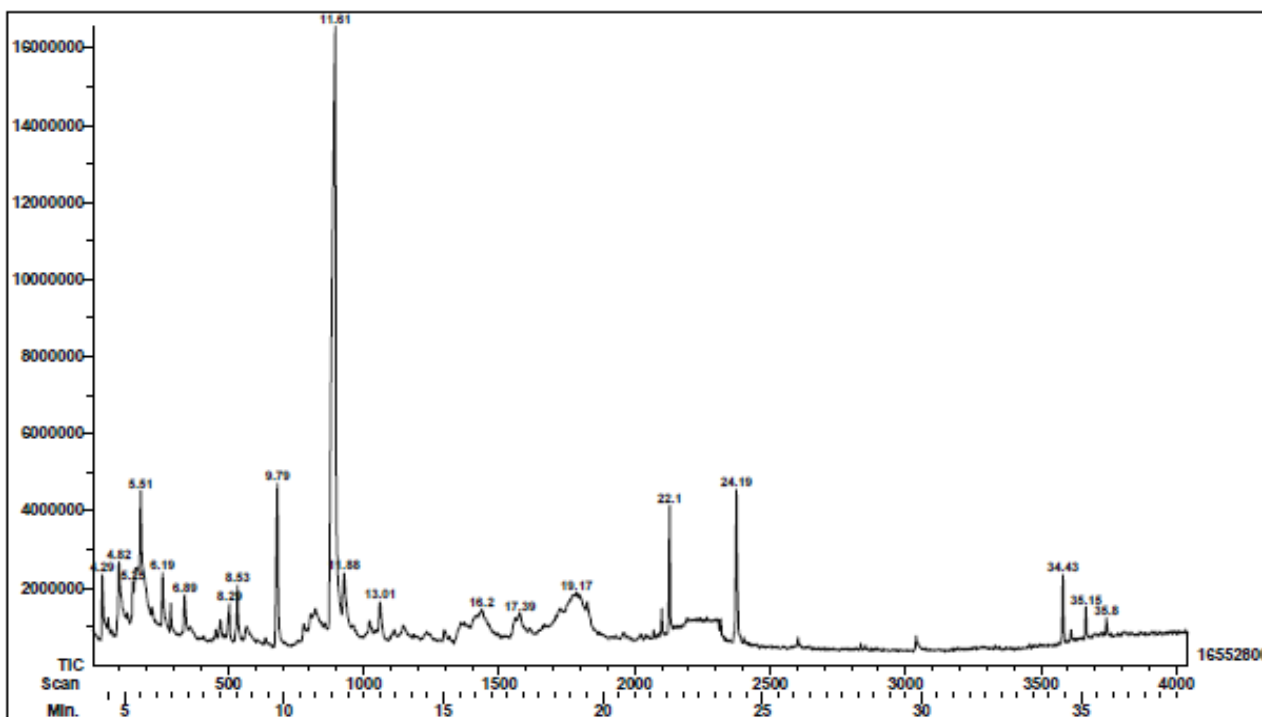


Fig. 17. Cromatograma del extracto metanólico de pulpa en etapa M2.

En la figura 17 se observa el cromatograma correspondiente al extracto de pulpa en etapa M2, el cual muestra 20 compuestos identificados en el análisis, los cuales se encuentran en la lista del cuadro 13.

Cuadro 13. Compuestos identificados en el extracto de pulpa en etapa M2.

T.R.	Pulpa en etapa M2 Compuestos	% Área
4.29	2-furanmethanol	3.235
4.82	Metil éster del 2-oxo-ácido propanoico	4.051
5.25	N-etil-N-[(1-metil-etoxi)metil]-etanamina	0.897
5.51	2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona	8.678
6.19	5-metil-2-furancarboxaldehído	1.964
6.89	2H-piran-2,6(3H)-diona	1.814
8.29	2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona	1.245
9.79	2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona	6.516
11.6	5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehído	47.558
11.9	Monoacetato del 1,2,3-propanetriol	1.695
13	1,6:3,4-dianhidro-2-O-acetil-β-D-galactopiranososa	2.039
16.2	D-glicero-D-galacto-heptosa	2.488
17.4	1-[5-(1,1-dimetil-etil)-2-etil-4-metil-1,3,2-dioxaborolan-4-il]-etanona	2.278
19.2	3-deoxy-D-manoico lactona	2.555
22.1	Ácido hexadecanoico	3.06
24.2	Ácido oleico	5.074
34.4	campesterol	1.768
35.2	Fenilmetiléster del (Z,Z,Z)-6,9,12-ácido octadecatrienoico	0.752
35.8	2,4,4-trimetil-3-hidroximetil-5a-(3-metil-but-2-enil)-ciclohexeno	0.641

Un 99.99 % de la composición total del extracto fue identificada. Así mismo se puede observar que el 5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehído es el compuesto más abundante, al igual que en el extracto de pulpa en etapa M1, sin embargo el porcentaje de área en éste caso es del 47.558, mientras que en segundo lugar de abundancia está la 2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona con 8.678.

- Cromatografía del Extracto de Semillas en Etapa M2

La figura 18 muestra el cromatograma del análisis del extracto de semillas en etapa M2, en el que se identificó el 100 % de la composición de éste y en el cuadro 14 se enlistan los nombres de los 23 compuestos presentes en ésta etapa.

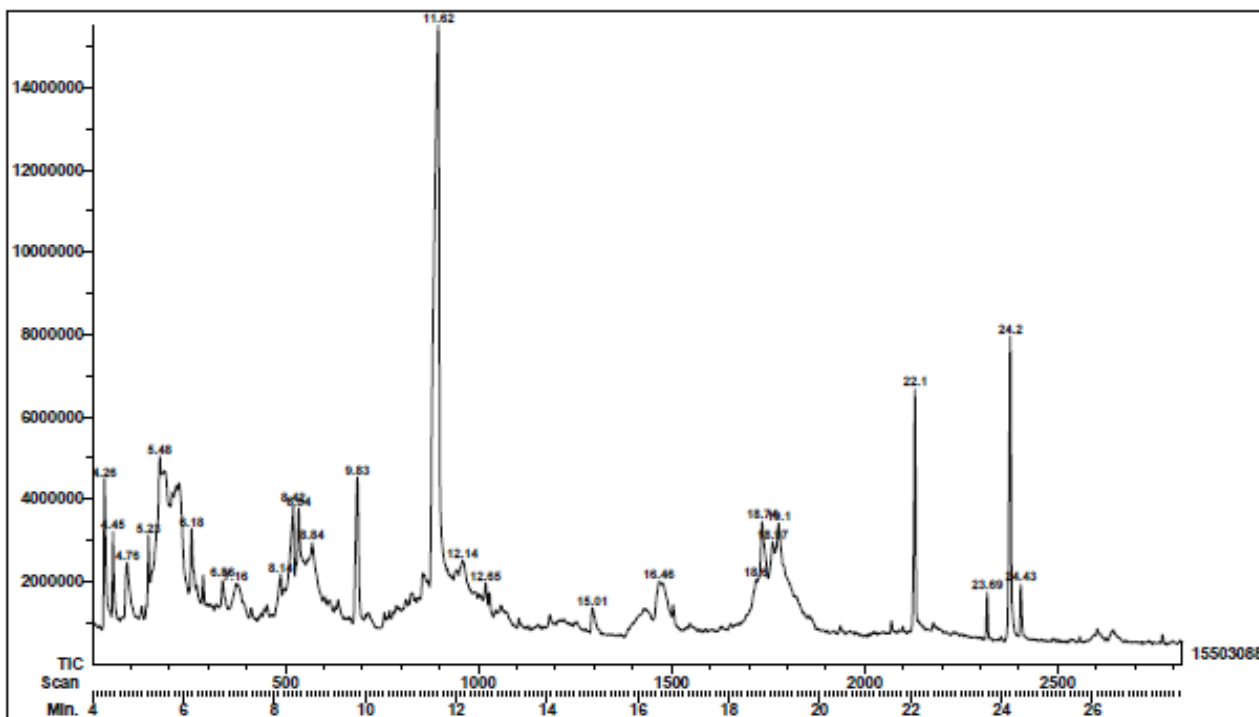


Fig. 18. Cromatograma del extracto de las semillas en etapa M2.

Cuadro 14. Compuestos identificados en el extracto de semillas en etapa M2

T.R.	Semillas en etapa M2 Compuestos	%Área
4.45	2-furanmetanol	1.905
4.76	1-(acetiloxi)-2-propanona	2.546
6.18	2-heptanol	1.007
5.48	Butirolactona	9.924
6.86	5-metil-2-furancarboxaldehído	0.79
7.16	DL-arabinosa	2.945
8.42	2-hidroxi-gamma-butirolactona	2.853
8.54	1-metil-4-amino-4,5(1H)-dihidro-1,2,4-triazola-5-ona	3.791
8.84	2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanona	1.505
9.83	glicerina	4.863
11.62	2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona	34.94
12.14	5-(hidroximetil)-2-furancarboxaldehído	1.321
12.65	7,7-dicloro-2-heptanona	0.46
15.01	5-acetoximetil-2-furaldehído	0.789
16.46	2,4,5-triamino-pirimidina	4.879
18.6	(1 $\beta$ ,2 $\beta$ ,3 $\beta$ ,4 $\beta$ )-1,2,3,4-ciclopentanetrol	2.821

18.97	Tertbutildimetilsililéster del 2-ácido furancarboxílico	2.875
19.1	2-(2-metilciclohexilideno) hidracina carboxamida	4.85
22.1	Ácido hexadecanoico	5.299
23.69	Metiléster del(Z)-9-ácido octadecenoico	0.761
24.2	Ácido oleico	7.433
24.43	Etiléster del 2-(2-hidroxietoxi) ácido octadecanoico	1.198

Del 100% de la composición, 34.94 % pertenece al 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona, en tanto que la  $\gamma$ -butirolactona con un 9.924 % es el segundo compuesto más abundante.

## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1 Análisis nutrimental

Los nutrientes o nutrimentos son sustancias presentes en los alimentos, que son necesarios para el crecimiento, reparación y mantenimiento del cuerpo de quien lo consume (Elizondo y Cid, 2005).

En los resultados del análisis nutrimental realizado a las semillas se observa un incremento de aproximadamente 12 % en el contenido de agua de una etapa a otra (ver figura 19). En general, es importante observar que durante el proceso de desarrollo y acumulación de materia seca (proteínas, azúcares, lípidos y otros compuestos) el contenido de agua de la semilla permanece elevado, por ser éste el medio responsable de la translocación del material fotosintetizado de la planta para la semilla. Además para que dicho material sea metabolizado, es necesario que el medio donde están ocurriendo las reacciones sea acuoso. Por lo tanto durante éste proceso es primordial que exista una adecuada disponibilidad de agua y de nutrientes en el suelo, para que el llenado de la semilla sea satisfactorio ([www.seednews.inf.br](http://www.seednews.inf.br)).

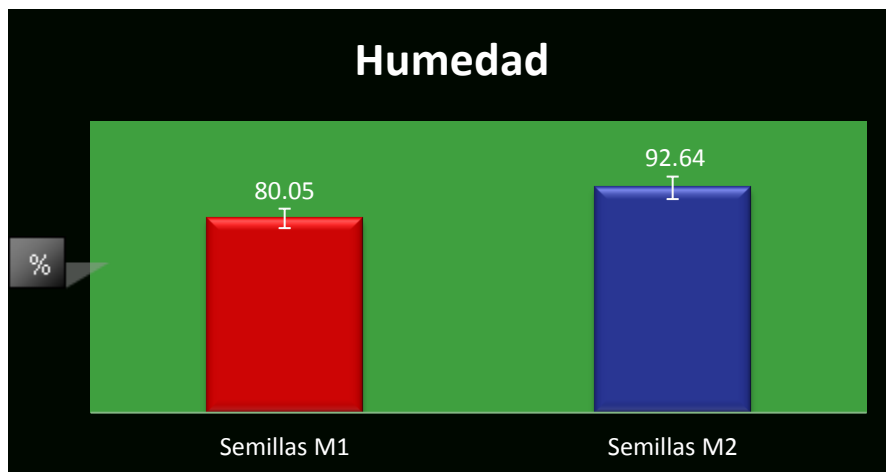


Fig. 19 Comparación del contenido de agua en las semillas de *Jacaratia mexicana* en etapas M1 y M2.

Mientras que en cuestión a los demás nutrimentos, podemos observar en la figura 20 ausencia de azúcares reductores en ambas etapas, lo cual podría deberse a la poca o nula actividad de la invertasa, que colabora con la hidrólisis enzimática de la sacarosa (Ayaz *et al.*, 2000) en tanto que existe una disminución en lípidos, cenizas, proteínas y carbohidratos en general; así como el contenido de fibra aumenta.

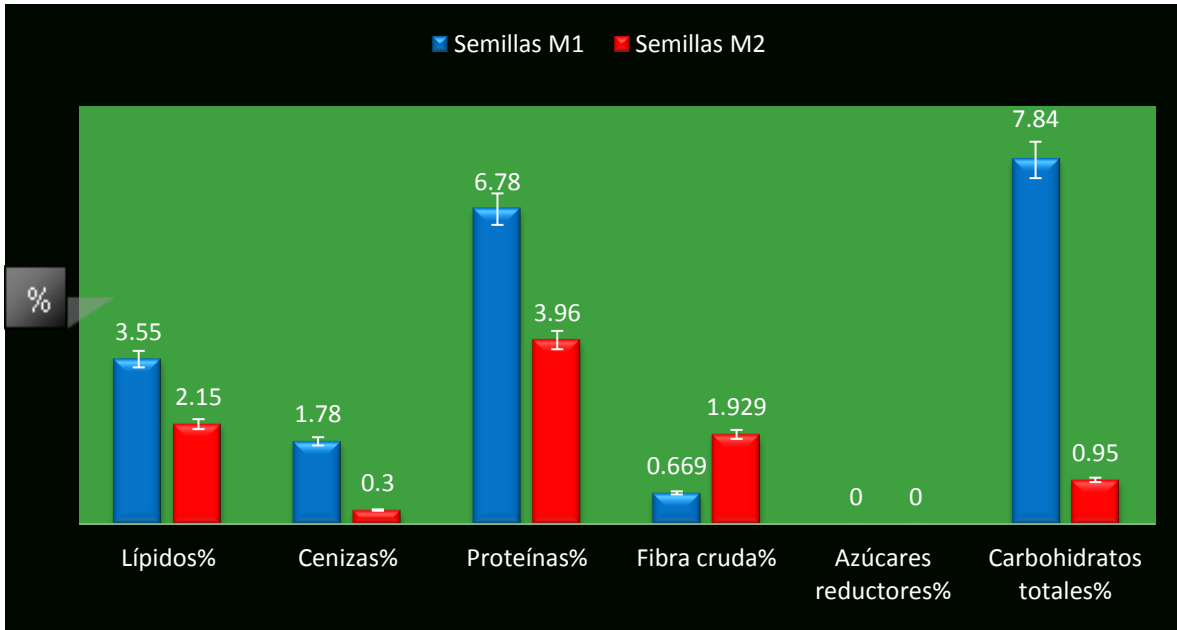


Fig. 20 Comparación del contenido nutrimental de las semillas de *Jacaratia mexicana* en las dos etapas de madurez

En cuanto a la pulpa del fruto, se observó un incremento en peso y longitud de una etapa a otra, lo que puede explicarse principalmente por el hecho de que las frutas y hortalizas se componen principalmente de agua (80 % o más) y durante su crecimiento tienen un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular de la planta (FAO, 1987).

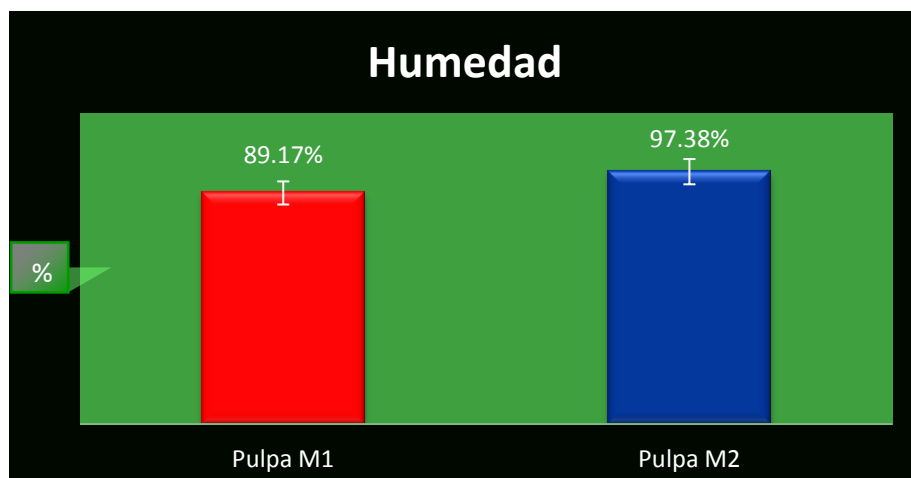


Fig. 21 Comparación del contenido de agua en la pulpa de *Jacaratia mexicana* en etapas M1 y M2

De acuerdo a la figura 21, se observa una diferencia en el contenido de agua entre etapas, dicha diferencia es del 8.21 %.

Según el contenido de agua y sus características de acidez, los vegetales son clasificados como alimentos de diferentes grados de perecibilidad. Entre más agua posean y pH cercanos a la neutralidad son más propensos al rápido deterioro, sobre todo por causa de origen microbiológico.

Es así que el contenido de agua en los vegetales oscila entre un 12 % (cereales) a un 95 % (hortalizas y frutos). El pH en las frutas en general oscila entre 2.5 a 4.5. ([www.virtual.unal.edu.com](http://www.virtual.unal.edu.com)).

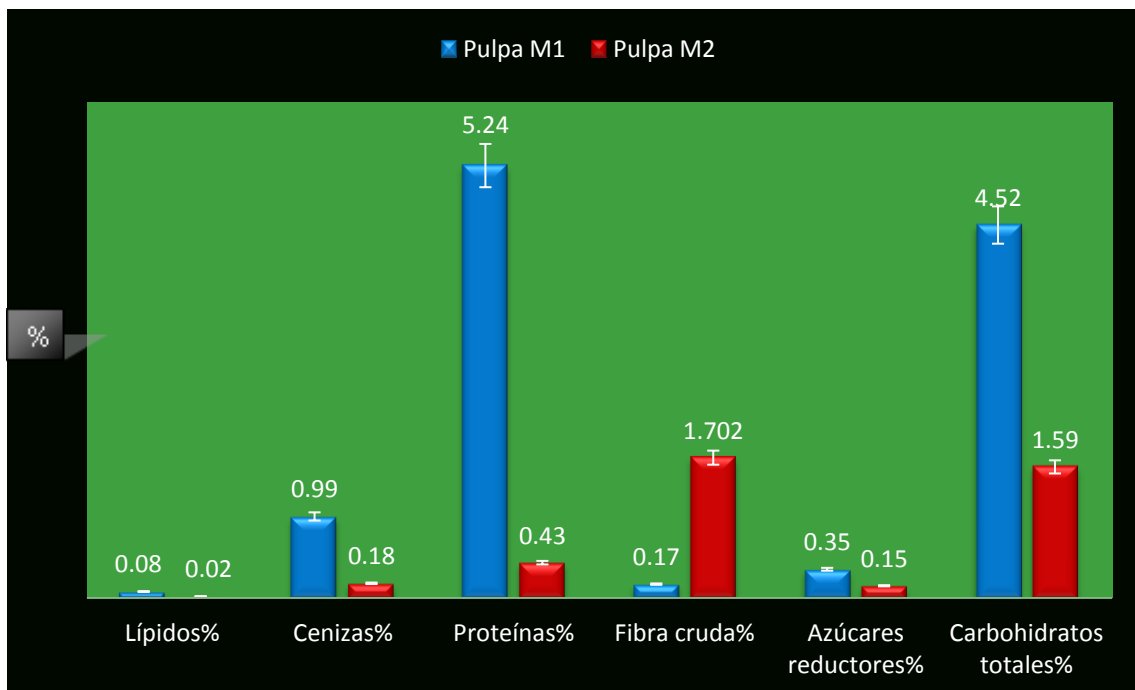


Fig. 22 Comparación del contenido nutrimental de la pulpa de *Jacaratia mexicana* en las dos etapas de madurez.

Sí observamos la comparación del figura 22 nos podemos percatar de que todos los nutrientes excepto la fibra tienen una disminución de una etapa a otra, lo que podría deberse a las condiciones a las que está expuesta la planta, ya que como se mencionó antes, existen varios factores que influyen en la calidad de un fruto, por ejemplo la disponibilidad de agua es de suma importancia, ya que cuando la planta pierde agua, se produce un flujo de la misma hacia las hojas, disminuyendo el aporte hídrico y de nutrientes al fruto.



El clima es otro factor de suma importancia, por citar un ejemplo, se sabe que en los cítricos cuando se tienen condiciones climáticas de noches frías y lluvias escasas presentan una mejor coloración del epicarpio, acidez más elevada, menor contenido de azúcares, piel más gruesa y mínimas alteraciones fúngicas (Romojaro *et al.*, sin fecha).

Los cambios que ocurren durante la maduración requieren la síntesis de nuevas proteínas, las cuales pueden ser sintetizadas por la producción de etileno, el cual es una hormona vegetal encargada de la maduración. La tasa de producción de etileno afecta la concentración de proteína soluble. Menores tasas de producción de etileno generan menores proporciones de proteína soluble (Alia-Tejacal *et al.*, 2002).

Se observó una reducción de proteínas con la maduración en *Jacaratia mexicana* es decir no hay síntesis de nuevas proteínas y en los procesos de maduración se utilizan las disponibles (Frenkel, 1986).

Biggs *et al* (1986) sugirieron que tanto la síntesis como la degradación de proteínas estaban involucrados con el proceso de maduración. Partiendo de éste hecho, se hace mención de que éste cambio diferencial en la expresión y concentración de proteína está referida aparentemente a la actuación sincronizada de un conjunto de genes que determinan la ausencia o aparición de proteínas estructurales, de transporte, ribosomales, catalíticas, que en forma coordinada determinan un patrón específico del fruto, que podría ser utilizado como un índice bioquímico de la madurez fisiológica.

Ahora bien, si comparamos ambos análisis (semillas y pulpa) se observa un mismo patrón de aumento-disminución de nutrientes.

### **8.2 Análisis del aceite**

Una característica apreciable de toda semilla es el alto contenido en fibra que en general está constituida por celulosa, sustancias pécticas y hemicelulosas (Badui, 1999). Además según Amaya *et al.* (2007) pueden ser fuente promisoría de aceite el cual puede tener diferentes usos según la composición del aceite.

En el cuadro 15, podemos apreciar los resultados de un análisis fisicoquímico del aceite de *Jacaratia mexicana* y en el que sus propiedades son comparadas con las de aceites comerciales.

Cuadro 15. Comparación de parámetros fisicoquímicos del aceite de *Jacaratia mexicana* y aceites comerciales.

Índice	Aceite de maíz	Aceite de coco	Aceite de maní	Aceite semillas <i>J. mexicana</i> M1	Aceite semillas <i>J. mexicana</i> M2
Acidez	0.590	0.090	0.390	<b>8.33</b>	<b>4.98</b>
Saponificación	136	190	189	<b>80.95</b>	<b>135.09</b>
Yodo	135	10.6	107	<b>9.50</b>	<b>28.10</b>
Refracción	1.468	1.45	1.465	<b>1.466</b>	<b>ND</b>

El índice de acidez de las semillas de *J. mexicana* tanto en etapa M1 como M2 es mayor al de los aceites comerciales, lo que indica gran cantidad de ácidos grasos libres, deterioro hidrolítico o rancidez oxidativa.

En cuanto al índice de saponificación se sabe que es inversamente proporcional al peso molecular de sus ácidos grasos así como el tamaño de la cadena de dichos ácidos, es decir, un valor elevado de éste índice implica un bajo peso molecular de los ácidos del aceite, los cuales por tanto serán de cadena corta. En éste caso se observa que el valor del aceite M2 es muy similar al del aceite de maíz, mientras que el aceite M1 es el más bajo de todos.

Ahora bien el índice de yodo revela el número de insaturaciones. Entre mayor sea el índice más insaturaciones existirán en el aceite. Tenemos aceites con una gran cantidad de insaturaciones, como es el caso del aceite de maíz y el de maní, mientras que el índice del aceite en M1 es similar al de aceite de coco y el valor para el aceite M2 es mayor al mismo, aunque menor que el del aceite de maní, lo que nos revela que existen un mayor número de insaturaciones en el aceite M2 que en M1. Algunos de los ácidos grasos insaturados que podemos encontrar en la mayoría de los aceites son el oleico, linoleico y linolenico.

### 8.3 Cromatografía de gases de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos indica un alto contenido de ácido oleico en ambos aceites, cuyo consumo contribuye a reducir los niveles de colesterol tipo LDL responsable de la formación de placas arteroescleróticas e incrementa el colesterol HDL que es más fácil de remover de las arterias (Briceño y Navas, 2005).

El segundo ácido graso más abundante en la composición de los aceites analizados es el palmítico, que en conjunto con los ácidos mirístico y esteárico son comunes en las membranas plasmáticas vegetales específicamente en la bicapa lipídica, sin embargo es el

menos saludable, pues aumenta los niveles de colesterol en la sangre (Franco-Rojas, 2013).

Cabe recalcar la presencia de los ácidos palmitoleico, linoleico y linolenico en el aceite M2, ya que éstos son de suma importancia para la salud humana, siendo los ácidos linoleico y linolenico son precursores biológicos en el organismo animal de los eicosanoides como: prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos. En tanto que hay ausencia de éstos en el aceite M1.

En general ambos aceites tienen mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados que saturados, lo que los convierte en una alternativa para consumo humano. No obstante el aceite en etapa M2 se convierte en la mejor opción por su alto contenido de ácido oleico y presencia de ácidos como el palmitoleico, linoleico y linolenico.

La composición de un aceite determina su destino, los aceites con ácidos grasos saturados se destinan hacia la producción de jabones, dado que aceites vegetales con ácidos grasos insaturados dan lugar, a jabones muy blandos, que además de su alta tendencia a la oxidación no son adecuados para formar pastillas con baja proporción de agua (Ortuño, 2006).

Para el caso del ácido oleico este puede ser utilizado como materia prima en la formulación cosmética, puede constituirse como la base de la fase grasa pero son difíciles de emulsionar, por lo que se mezclan con aceites minerales, asimismo el ácido palmítico se emplea como factor de consistencia o de acidificación en las emulsiones (Martini, 2005).

En cuanto al ácido linoleico este es conocido como esencial su importancia radica fundamentalmente en ser precursor de ácidos grasos de mayor longitud de cadena (Galgani, 2004), es así como este ácido da origen al ácido araquidónico el cual es fundamental en la formación de la estructura y la funcionalidad del sistema nervioso y visual de los humanos (Valenzuela y Nieto, 2003).

Por lo anterior, en la cosmética y dermofarmacia son ampliamente utilizados ácidos grasos como el ácido esteárico, linoleico, oleico, linolenico y láurico como compuestos emolientes que hidratan, suavizan y mejoran la flexibilidad de la piel, además reparan la epidermis (Benaiges 2008; Jurado y Muños, 2009).

#### 8.4 Cromatografía de gases de los compuestos volátiles

Se comparó la composición de los tres extractos mediante el cuadro 16, en el que se muestran los compuestos identificados. Se marca con una X la presencia del compuesto en el extracto.

Cuadro 16. Compuestos identificados en el cromatograma de los tres extractos metanólicos.

	Compuesto	P.M1	P.M2	S.M2
1	N, N'-carbonilbis-acetamida	X		
2	2-(2-metilciclohexilideno)-hidrazinecarboxamida			X
3	$\gamma$ -Butirolactona	X		X
4	3-deoxi-D-manoicolactona	X	X	
5	2-hidroxi- $\gamma$ -butirolactona			X
6	5-metil-2-furancarboxaldehído	X	X	X
7	5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído	X	X	X
8	5-acetoximetil-2-furaldehído	X		X
9	Ácido ciclohexancarboxílico 1,4,5-triol-3-ona	X		
10	2,4,4-trimetil-3-hidroximetil-5 $\beta$ -(3-metil-but-2-enil)-ciclohexeno		X	
11	2-(hexilamino)-etanol	X		
12	6-metil-2-pirazinilmetanol	X		
13	2-furanmetanol		X	X
14	2-heptanol			X
15	2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H) furanona	X	X	X
16	2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona	X	X	X
17	N-[2-(thienil)acetiloxi]-2,5-pirrolidiona	X		
18	2-hidroxi-2-ciclopenten-1-ona		X	
19	2H-piran-2,6(3H)-diona		X	
20	1-[5-(1,1-dimetiletil)-2-etil-4-metil-1,2,3-dioxaborolan-4-il]-etanona		X	
21	1-(acetiloxi)-2-propanona			X
22	1-metil-4-amino-4,5(1H)-dihidro-1,2,4-triozol-5-ona			X
23	7,7-dicloro-2-heptanona			X
24	1,6-anhidro- $\beta$ -D-glucopiranososa (levoglucosan)	X		
25	1,6-anhidro- $\beta$ -D-galactofuranosa	X		
26	1,6;3,4-dianhidro-2-O-acetil- $\beta$ -D-galactopiranososa		X	
27	D-glicero-D-galacto-heptosa		X	
28	DL-arabinosa			X
29	4,5,6-pirimidimetriamina	X		

30	N-etil-N-[(1-metiletoxi)metil]-etanamina		X	
31	Ácido hexadecanoico	X	X	X
32	Ácido 2-oxo propanoico, metilester		X	
33	Ácido oleico		X	X
34	Ácido (Z,Z,Z)-6,9,12- octadecatrienoico, fenil-metilester		X	
35	Ácido 2-furancarboxílico, tert-butildimetilsililester			X
36	(Z)-9-ácido octadecenoico, metilester			X
37	Ácido 2-(2-hidroxietoxi) octadecanoico, etilester			X
38	1,2:5,6-dianhidrogalactitol	X		
39	Allo-inositol	X		
40	1-ciclohexilnoneno	X		
41	1,2,3-propanotriol, monoacetato		X	
42	Campesterol		X	
43	Glicerina			X
44	2,4,5-triamino-pirimidina			X
45	(1 $\beta$ ,2 $\beta$ ,3 $\beta$ ,4 $\beta$ )-1,2,3,4-ciclopentanotetrol			X

En el cuadro 16 se observan 13 compuestos en la etapa temprana (1, 9, 11, 12, 17, 24, 25, 29, 38, 39 y 40) que probablemente con el proceso de maduración sufrieron alguna transformación o fueron utilizados en algún otro proceso bioquímico.

así como 13 compuestos que surgen con la maduración (2, 5, 14, 21, 22, 23, 28, 35, 36, 37, 43, 44 y 45) y seis compuestos que permanecen en el transcurso del desarrollo del fruto, de los cuales, cuatro aumentan su rendimiento de etapa M1 a M2, son: 3-deoxi-D-manoicolactona, 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H) furanona, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona y ácido hexadecanoico, mientras que 5-metil-2-furancarboxaldehído y 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído disminuyen.

También el cuadro 16 revela los compuestos identificados en los tres extractos, los cuales son cinco:

- 5-metil-2-furancarboxaldehído
- 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído
- 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H) furanona
- 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona
- Ácido hexadecanoico

De éstos compuestos los cuatro primeros son compuestos encargados del aroma del fruto. Vázquez-Cruz *et al.*, (2012) identificaron los compuestos responsables del aroma de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), entre éstos compuestos se encuentran el 5-metil-2-furancarboxaldehído y el 2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H) furanona. Los furanos fueron los más abundantes y han sido identificados en otros frutos como fresa, zarzamora y uva, se producen principalmente como derivados del metabolismo de las pentosas vía enzima lipoxigenasa, se sabe que ésta enzima incrementa su actividad con la maduración o cuando se presenta daño mecánico o biológico en los frutos.

En otro estudio sobre el perfil aromático de la miel de higos, se identificaron 21 compuestos, de entre los que destacan por su cantidad son el 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído y el 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona. El principal constituyente de ésta miel (5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído) o también conocido como hidroximetilfurfural (HMF) está naturalmente presente como consecuencia de la acidificación de la miel por reducción de azúcares, por lo general a temperatura ambiente, aunque la cantidad de éste compuesto puede aumentar si se incrementa la temperatura (Loizzo *et al.*, 2014).

El 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído es uno de los compuestos formado por la degradación de los productos azucarados, en particular por deshidratación de la fructosa. Su aparición en la miel está directamente relacionada con alteraciones de color y el desarrollo de sabores y olores extraños. Este compuesto aparece en forma espontánea y natural en la miel debido al pH ácido, agua y a la composición rica en monosacáridos (fructosa y glucosa), aumentando su concentración con el tiempo y otros factores como el aumento de la temperatura, la humedad, presencia de algunos minerales (K, Ca, Mg) y contenido de algunos aminoácidos. El contenido máximo permitido en la normativa actual es de 40 mg de 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído/Kg de miel (Subovsky *et al.*, sin fecha).

Estudios realizados en mieles provenientes de zonas más cálidas han demostrado que las mismas poseen un mayor contenido de 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído, también hay que considerar la acidez del material: las mieles más ácidas experimentan un aumento de 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído en función del tiempo.

Existen evidencias del efecto potencialmente nocivo del 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído basadas en ensayos *in vitro* y en experimentos realizados en animales de laboratorio. Sin embargo, cuando los estudios se extrapolan a los humanos, los resultados no son del todo concluyentes, siendo objeto de estudio en la actualidad (Gema, 2013).

Algunos compuestos aromáticos no se perciben por el olfato humano, no obstante cumplen algunas funciones biológicas, como por ejemplo atraer a los insectos para polinizar a la flor o a algún organismo que disperse la semilla.

Otros compuestos sólo coinciden entre dos extractos, como la butirolactona y el 5-acetoximetil-2-furaldehído en pulpa M1 y semillas M2, siendo el segundo compuesto identificado como responsable del aroma de algunos frutos, al igual que el 2-furanmetanol, encontrado en los extractos de pulpa M2 y en semillas M2, éstos dos extractos también coinciden en contenido de ácido oleico.

El aroma y el sabor que identifican un determinado alimento están formados por mezclas complejas de sustancias orgánicas volátiles de bajo peso molecular, en su mayoría terpenos, ésteres, aldehídos, cetonas, furanos y lactonas. En este estudio se encontraron todos estos grupos de compuestos a excepción de los terpenos. La mayoría de los compuestos encontrados en la cromatografía de los extractos de pulpa podrían ser responsables del aroma y sabor del fruto de *Jacaratia mexicana* por lo que se sugiere realizar estudios posteriores para ver si existen compuestos más volátiles.

Muchos de los compuestos encontrados en los extractos analizados no están reportados en otras especies, sin embargo sustancias como el 1-ciclohexilnoneno se reporta en la especie *Plantago ovata*, que es una especie distribuida en África y Asia, utilizada como medicamento gastrointestinal. Cabe mencionar que ésta especie no tiene una relación filogenética cercana con *Jacaratia mexicana*.

También se encontró un 1.768 % de campesterol en el extracto de pulpa en etapa M2, lo que añade beneficios a la ingesta de éste fruto, ya que se sabe que el consumo de fitoesteroles por los humanos hace que disminuyan los niveles de colesterol en sangre, sin modificar los niveles de colesterol HDL (Valenzuela y Ronco, 2004). Dentro de las propiedades benéficas del campesterol se han destacado las anticancerígenas, antiinflamatorias y antioxidantes (Guderian *et al.*, 2006).

En los extractos metanólicos de pulpa se encontraron tres aldehídos etapa M1 (6,7 y 8, ver cuadro 16) de los cuales sólo dos permanecieron con la maduración (6 y 7), en cuanto a alcoholes para la primer etapa se detectaron dos (11 y 12), en la segunda etapa hay sólo uno, sin embargo es diferente de los de la primera y es el 2-furanmetanol. La cantidad de ésteres en M1 es nula, en M2 surgen dos (32 y 34). De acuerdo a lo anterior, se cumple lo mencionado por Sanz *et al.*, (1997), que durante la maduración de los frutos ocurre una serie de reacciones bioquímicas en las que se producen diversos compuestos. En la síntesis de volátiles, primero se producen los aldehídos y a partir de éstos se producen los alcoholes y de éstos últimos los ésteres, es decir, en un fruto en etapa de madurez

temprana tendríamos mayor cantidad de aldehídos, mientras que en una madurez más avanzada encontraríamos mayor cantidad de ésteres.

Se ha reportado que la reducción en el contenido de ácidos orgánicos se debe a que son utilizados en respiración o convertidos en azúcares en los frutos. Casas (1977) indica que en mamey (*Pouteria sapota*) durante la maduración hay un aumento de azúcares totales debido a la hidrólisis de almidón. Si se hace una relación de los ácidos y los azúcares identificados en los cromatogramas de pulpa en etapa M1 y M2, tenemos que:

Cuadro 17. Comparación del contenido de ácidos y azúcares de la pulpa de acuerdo a los resultados de la cromatografía de gases.

M1	M2
Ácidos	Ácidos
ácido hexadecanoico 0.92 %	ácido hexadecanoico 3.1 % ácido 2-oxo- propanóico 4.1 % Ácido oleico 5.1 % Ácido alfa-linolénico 0.8 %
Azúcares	Azúcares
1,6-anhidro-β-D-glucopiranososa 5.6 % 1,6-anhidro-β-D-galactofuranosa 1.58 %	1,6:3,4-dianhidro-2-O-acetil-β-D-galactopiranososa 2 % D-glicero-D-galacto-heptosa 2.5 %

El contenido de ácidos aumenta, mientras que los azúcares decrecen, si contrastamos éstos resultados con los obtenidos en el análisis nutrimental (figuras 10 y 12) se observa lo mismo. Éste comportamiento es contrario a lo que sucede en la mayoría de los frutos, en los que conforme maduran los azúcares aumentan y los ácidos disminuyen.

Si se comparan los compuestos encontrados en *Carica papaya* con los hallados en *Jacaratia mexicana*, se encuentra poca similitud, se encontró γ-butirolactona y ácido hexadecanoico lo que podría explicarse por la diferencia en la extracción, ya que en el estudio de *Carica papaya* se utilizó el jugo y la pulpa del fruto fresco y en éste estudio se utilizaron extractos metanólicos. (Kelebek *et al* 2015).



### IX. CONCLUSIONES

En el análisis nutrimental se encontró que las semillas de ambas etapas de maduración tienen alto contenido de agua y proteínas 80-90% y 4-6% respectivamente.

En las semillas con la maduración aumenta el contenido de fibra y en el aceite aumentan los ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico y linolenico) favorables para la salud.

En la pulpa en etapa M1 el contenido de agua y proteína es alto. En M2 el contenido de agua aumenta y el porcentaje de fibra se incrementa 10 veces mientras que la proteína disminuye 12 veces y en ambas etapas es baja en grasa.

En el análisis gases-masas de los extractos metanólicos de semilla y pulpa, se encontraron cinco compuestos en los tres extractos, de los cuales cuatro son responsables del aroma del fruto.

En la pulpa madura se encontró campesterol, lo que suma un beneficio a la ingesta del fruto en ésta etapa.

En los análisis realizados se encontró presencia de 5-hidroximetil-2-furancarboxaldehído del cual no se ha demostrado su toxicidad y continúan las investigaciones al respecto.

Por primera vez se reportan los ácidos grasos del aceite de las semillas de *Jacaratia mexicana*.

Este es el primer reporte de compuestos volátiles presentes en el cuaguayote.

**X. REFERENCIAS**

- Alarcón D. K. (2009). Estudios de separación de las proteasas del cuaguayote (*Jacaratia mexicana* A. DC.) Tesis de Licenciatura. Centro de desarrollo de productos bióticos, Depto. De Biotecnología. Morelos, México.
- Alia-Tejacal, Colinas-León M.T., Martínez-Damián M.T. y Soto-Hernández M.R. (2002). Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) durante pos cosecha. *Revista Chapingo serie horticultura* **8**: 263-281.
- Amaya L., Díaz F., García N., Moncada M. y Guerrero G. (2007). Obtención del aceite de las semillas de *Luffa cylindrica* y evaluación de su potencial uso en la industria cosmética. *Scientia et Technica* **13**: 287-289.
- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* **46**: 112-126.
- Aranda Ramírez P. y Aparicio García-Molina V.A. (2013). Proteínas. En: Libro blanco de la nutrición en España. Varela Moreiras, G. Ed. Fundación Española de la Nutrición. España.
- Arellano R.A.J, Flores JS. G. y Tun J.G. (2003). Nomenclatura, forma de vida, uso, manejo y distribución de las especies vegetales de la Península en: Etnoflora yucateca. Universidad Autónoma de Yucatán **20**:105-106.
- Arias D., Peñaloza-Ramírez J., Dorado O., Cuevas-Reyes P., Leyva E., Albarrán-Lara A.L. y Rangel-Altamirano G. (2010). Phylogeographic patterns and possible incipient domestication of *Jacaratia mexicana* A. DC. (Caricaceae) in Mexico. *Genetic resources and crop evolution*. México **57**: 1227-1238.
- Arroyo P. (2008). La alimentación en la evolución del hombre: Su relación con el riesgo de enfermedades crónico degenerativas. Fondo Nestlé para la Nutrición. *Fundación Mexicana para la Salud* **65**:431-440.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (1980). Methods of Analysis. Association of Analytical Chemist. 15° edition. Washington, USA. p. 71.
- Ayaz, F.A., Kucukislamoglu, M., Reunanen, M. (2000). Sugar, non-volatile and phenolic acids composition of strawberry tree (*Arbutus unedo* L. var. *ellipsoidea*) Fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* **13**: 171-177.

- Badillo V. (1995). Caricaceae Segundo esquema. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela* **43**:44-48.
- Badui S. (1999). Química de los alimentos. 3° edición. Ed. Adisson Wesley Logman de México S.A. de C.V. México, D.F.
- Barrera V. (1999). Las fuentes para el estudio de la medicina nativa de Yucatán. *Revista Biomedical* **10**:253-261.
- Belitz H.D. y Grosch W. (1997). Química de los alimentos. 2° edición. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Benaiges A. (2008). Aceite de rosa mosqueta: Composición y aplicaciones dermocosméticas. *Offarm* **27**:94-97.
- Biggs M., Harriman R. y Handa A. (1986). Changes in gene expression during tomato fruit ripening. *Plant Physiology* **81**:395-403.
- Botella M.A., Obón, C., Egea I., Romojaro F. y Pretel M.T. (2007). Propiedades físicoquímicas y antioxidantes de frutos recolectados tradicionalmente en la provincia de Albacete. *Actas de Horticultura* **48**: 662-665.
- Bremer B., Bremer K., Chase M.W., Fay M.F., Reveal J.L., Soltis D.E., Soltis P.S., Stevens P.F. & Donoghue. (2009). Angiosperm Phylogeny Group III. *Botanical Journal of the Linnean Society* **161**:105-121.
- Briceño J. y Navas P. (2005). Comparación de las características químicas, físicas y perfil de ácidos grasos de los aceites de seje, oliva, maíz y soja. *Revista de la Facultad de Agronomía* **31**:109-119.
- Briones M.R., Cruz M.T., Cortés V.M.I. y Oliver S.M.C. (1994). Preparaciones enzimáticas de interés industrial con proteínas de plantas mexicanas. *Información Tecnológica* **5**:57-62.
- Bustamante-Diez Y. (1973). Obtención y caracterización de la mexicaína, enzima proteolítica del látex de *Pileus mexicanus*. Tesis doctoral. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Caballero J. y Cortés L. (2001). Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p.78.

- Calderón R.G. y Lomelí S.J.A. (1993). Flora del Bajío y regiones adyacentes: Caricaceae. INECOL y Universidad Autónoma de Guadalajara. México.
- Casas A.N. (1977). Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración del mamey (*Calocarpum mammosum*). Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Castañeda-Agulló M., Gavarrón F.F. y Balcazar M.R. (1942). On new protease from *Pileus mexicanus*. *Science* **96**:365-366.
- Cronquist A. (1981). An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press. Columbia, USA.
- Cuanalao C.H.E. y Guerra M.R.R. (2008). Homegarden Production and Productivity in a Mayan Community of Yucatan. *Human Ecology an Interdisciplinary Journal* **3**:423-433.
- Cubero J.I., Nadal S. y Moreno M.T. (2006). Recursos fitogenéticos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Cumplido I. (1843). El museo mexicano. *Miscelánea de Amenidades Curiosas e instructivas*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- Díaz C.L. y Lomelí J.A. (1997). Fanerógamas, Familia Caricaceae. Flora de México. Consejo Nacional de la Flora de México. México, D.F.
- Elizondo M.L.L. y Cid G.A. (2005). Principios Básicos de la Salud. Ed. Limusa. México.
- Flamm G., Glinsmann W., Kritchevsky D., Prosky L. y Roberfroid M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: A review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **41**:353-362.
- Flores S. y Bautista F. (2005). Inventario de plantas forrajeras utilizadas por los mayas en los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. Universidad de Yucatán. México. 209-219.
- Food and Agricultural Organization. (1987). Manual para el mejoramiento del manejo pos cosecha de frutas y hortalizas. FAO. Roma, Italia.
- Food and Agricultural Organization. (1996). Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. FAO. Roma, Italia.

- Franco R.A. (2013). Estudio químico comparativo del extracto apolar de las hojas de la especie *Elaeis oleífera* (H.B.K) Cortés colectada en dos diferentes hábitats de Colombia y Perú. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.
- Frenkel C., Klein I. y Dilley D. (1986). Protein synthesis in relation to ripening of pome fruits. *Plant Physiology* **13**:1146-1153.
- Galgani E. (2004). Evaluación de la situación de ácidos grasos esenciales y derivados de cadena larga en la dieta de lactantes menores de un año. *Revista Chilena de Nutrición* **21**:154-160.
- Gamboa B.M. (2009). Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (*Mangifera indica* L.) de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas. Tesis de maestría. Puerto La Cruz, Venezuela.
- García de Miguel J. (2000). Etnobotánica maya: Origen y evolución de los huertos familiares de la Península de Yucatán, México. Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, España.
- Gema A. L. (2013). Análisis, inhibición e ingesta de nuevos contaminantes químicos de procesado en alimentos. Tesis doctoral. Universidad complutense de Madrid, España.
- González J.C., Ayala A. y Gutiérrez (2007). Composición química de especies arbóreas con potencial forrajero de la región de tierra caliente, Michoacán, México. *Revista cubana de ciencia agrícola* **41**:87-93.
- Gray J. (2006). Dietary fibre. Definition, analysis, physiology and health. Europe Concise Monograph Series. Bruselas, Bélgica.
- Grünauer E.C.C. (2009). Influencia del secado sobre la captación de agua de pectina extraída a partir del *Citrus x Aurantifolia Swingle*. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Guderian D., Rasmussen H., Wray C., Dussault P. y Carr T. (2006). Cholesterol-lowering properties of plant. Sterol sterified with beef tallow fatty acids in hamsters. Department of nutrition and health sciences. University of Nebraska.

- Hadjichambis A.Ch., Paraskeva-Hadjichambis D., Della A., Giusti M.E., De Pasquale C., Lenzarini C., Censorii E., Gonzales-Tejero M.R., Sanchez-Rojas C.P., Ramiro-Gutierrez J.M., Skoula M., Johnson C., Sarpaki A., Hmamouchi M., Jorhi S., El-Demerdash M., El-Zayat M. y Pieroni A. (2008). Wild and semidomesticated food plant consumption in seven circum-Mediterranean areas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. **59**:383-414.
- Jiménez-Aguirre C.E., Melo-Ruíz V., Jiménez-Aguirre H.D., Santos-Motesinos S.S., Martínez-Rivero J. (2011). El bonete (*Jacaratia mexicana*) como alternativa alimenticia de la población mexicana. *Revista Latinoamericana de Química* **38**:89.
- Jiménez de Loera M. (2012). Morfoanatomía de la semilla de la especie medicinal *Jacaratia mexicana* (Caricaceae) y su propagación. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. México, D.F.
- Jiménez-Hernández J., Salazar-Montoya J. A. y Ramos-Ramírez E. G. 2007. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. *Carbohydrate Polymers* **68**: 679–686.
- Jurado J. y Muños V. (2009). Caracterización del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* variedad la selva y evaluación de su actividad antioxidante. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.
- Kelebek H., Selli S., Gubbuk H. y Gunes E. (2015). Comparative evaluation of volatiles, phenolics, sugars, organic acids and antioxidant properties of Sel-42 and Tainung papaya varieties. *Food Chemistry* **173**:912-919.
- Kirk R.S. y Sawyer R. (1998). *Pearson's Composition Analysis of Foods*. Churchill living stone. Edingburgh, Escocia.
- Landa D. (1559). *Relación de las cosas de Yucatán*. XLIX de la parte medicinal/etnobotánica. Ed. Porrúa. México.
- Lange A.H. (1961). Effect of the sarcotesta on germination of *Carica papaya*. *Botanical gazette* **122**:305-311.
- Lascuráin M., Avendaño S., Del Amo S., Niembro A., Ambrosio M., Covarrubias M. y Ultrera E. (2010). Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, Conafor-Conacyt, México.

- Loizzo M.R., Bonesi M, Pugliese A., Menichini F. y Tundis R. (2014). Chemical composition and bioactivity of dried fruits and honey of *Ficus carica* cultivars Dottato, San Francesco and Citrullara. *Journal Science Food Agricultural* **94**: 2179–2186.
- Lomelí-Sención J.A. (1998). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO-UNAM. México, D.F.
- Lunn, J., Buttriss, J.L. (2007). Carbohydrates and dietary fibre. *British Nutrition Foundation* **32**: 21-64.
- Martínez M. (1959). Plantas útiles de la flora mexicana. Ed. Botas. México, D.F.
- Martínez R.M.C., Rincón F., Periago C.M.J., Ros B.G.F. y López G. (1993). Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los alimentos* **33**: 229-246.
- Martini M. (2005). Introducción a la dermofarmacia y a la cosmetología. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Monroy O.C. y Monroy R. (2004). Análisis preliminar de la dominancia cultural de las plantas útiles en el estado de Morelos. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* **74**:77-95.
- Moreno N.P. (1980). Flora de Veracruz. *Caricaceae*. Xalapa, Veracruz. México.
- Morillas R. y Delgado A. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. Depto. Tecnología de la Alimentación y Nutrición. Universidad Católica San Antonio de Murcia. España.
- Nawar W.W. (2000). Lípidos. En: Fennema O.R. Química de los alimentos. 2º edición. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Nile S.H. y Park S.W. (2014). Edible berries: bioactive components and their effect on human health. *Nutrition* **30**:134-144.
- NMX-F-408-S-1981. Alimentos para humanos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de yodo por el método de Hanus. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. México, D.F.

- NMX-F-101-1987. Alimentos para humanos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de acidez. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. México, D.F.
- Noguera F.A., Vega R.J.H., García A.A.N. y Quesada A.M. (2002). Historia Natural de la Chamela. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Olivares S.E. (2003). Evaluación de la calidad del fruto de *Jacaratia mexicana* A. DC. (bonete). Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala. México, D.F.
- Ortíz R.N.E. (1974). La germinación de *Carica mexicana* y análisis bromatológico de su fruto y semilla. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Ortuño M. (2006). Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. Ed. Aiyana. España.
- Osado R. (1834). El libro del judío: medicina doméstica. Descripción de las virtudes de las hierbas medicinales de Yucatán.
- Pennington T.D., Sarukhán J. (1998). Árboles tropicales de México, manual para la identificación de las principales especies. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Pérez-Bouza J.A. (1994). Influencias nahuas en el español de El Salvador. Algunas importantes ausencias en el DRAE. *Sintagma* 6:77-97.
- Romojaro F., Martínez M.M.C. y Pretel M.T. (sin fecha). Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en pos cosecha de productos agrarios. Dpto. Tecnología de Alimentos. Escuela Politécnica Superior. Murcia, España.
- Roys R.L. (1931). The ethno-botany of the maya. Tulane University Middle American Research Series. Institute for the Study of Human Issues. Philadelphia, Pennsylvania. USA.
- Ruíz-Rodríguez B.M. (2014). Frutos silvestres de uso tradicional en la alimentación: evaluación de su valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. España.



- Sanz C., Olias J.M. y Pérez A.G. (1997). Aroma biochemistry of fruits and vegetables. In *Phytochemistry of fruit and vegetables* Thomas-Barberan F.A. y Robins R.J. Oxford University. USA.
- Secretaría de Desarrollo Rural. (2005). Cuaguayote o bonete (*Jacaratia mexicana*). Opciones alimenticias del estado de Puebla.
- Soler L., Cañellas J. y Saura-Calixto F. (1988). Oil content and fatty acid composition of developing almond seeds. *Journal Agricultural Food Chemistry* **36**:695-697.
- Subovsky, Sosa L. M. J., Castillo A., Cano A. y Nelly (sin fecha) Evaluación del contenido de hidroximetilfurfural en mieles del NEA. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Tardío J., Pascual H. y Morales R. (2002). Alimentos silvestres de Madrid: Guía de plantas y setas de uso alimentario tradicional en la Comunidad de Madrid. Ediciones La Librería. España.
- Tardío J., Pardo-de-Santayana M. y Morales R. (2006). Ethnobotanical review of wild edible plants in Spain. *Botanical Journal of the Linnean Society* **152**: 27-71.
- Turner N.J., Luczaj L.J., Migliorini P., Pieroni A., Dreon A.L., Sacchetti L.E. y Paoletti, M.G. (2011). Edible and tended wild plants, traditional ecological knowledge and agroecology. *Critical Reviews in Plant Sciences* **30**:198-225.
- Valenzuela A. y Nieto S. (2003). Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista Chilena de Pediatría*.
- Valenzuela A. y Ronco A. (2004). Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protección de la salud cardiovascular. *Revista chilena de nutrición*.
- Vázquez-Cruz M.A., Jiménez-García S.N., Torres-Pacheco I., Guzmán-Maldonado S.H., Guevara-González R.G. y Miranda-López R. (2012). Effect of maturity stage and storage on flavor compounds and sensory description of berrycactus (*Myrtillocactus geometrizans*). *Journal of Food Science* **77**:366-373.
- Villanueva-Arce R., Bautista-Baños S. y Nava-Juárez R. (2006). *Jacaratia mexicana* A. DC. Importancia y usos de una especie poco estudiada (resumen). Centro de desarrollo de productos bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Reunión anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Yautepec, Morelos.

- Wills R., McGlasson B., Graham D. y Joyce D. (1999). Introducción a la fisiología manipulación pos cosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.

### Referencias bibliográficas electrónicas:

- Cuadro Equivalencias método Munson & Walker (consultado Marzo 2015) [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmacuticas/schmidth/tmunson.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmacuticas/schmidth/tmunson.html)
- Fernández (2003) en <http://es.slideshare.net/kathytellez503/nutricion-28536532> (consultado en junio 2015).
- Instituto de Salud Pública de Chile. Sub-departamento Laboratorios del Ambiente. Sección Química de Alimentos. Determinación de glucosa, método Munson & Walker (consultado en Marzo 2015). [www.ispch.cl/lab\\_amb/met\\_analitico/doc/.../GLUCIDOSTOTALES.pdf](http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/.../GLUCIDOSTOTALES.pdf)
- Instituto de Salud Pública de Chile. Sub-departamento Laboratorios del Ambiente. Sección Química de Alimentos. Determinación de Proteínas, método Kjeldahl (consultado en Marzo 2015). [www.ispch.cl/lab\\_amb/met\\_analitico/.../ambiente%20pdf/Proteina.pdf](http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/.../ambiente%20pdf/Proteina.pdf)
- Pérez-Sabino S.P. (2002). Una charla con Roberto Briones Martínez. Timbirichi y Cuaguayote: plantas milenarias en extinción. *Hypatia, revista de divulgación científico tecnológica del gobierno del estado de Morelos* 4:ene-mar. [www.http://revistahypatia.org/una-charla-con-revista-4.html](http://revistahypatia.org/una-charla-con-revista-4.html)
- Mapa de distribución mundial de la familia Caricaceae [www.thecompositaehut.com](http://www.thecompositaehut.com) (consultado en Octubre 2014).
- Árbol de *Jacaratia mexicana* con frutos [www.redbio.una.edu.ni.com](http://www.redbio.una.edu.ni.com) (consultado en Febrero 2015).

**XI. ANEXOS**

Anexo 1. Equivalencias Cu<sub>2</sub>O/Glucosa/Azúcares invertidos (Munson & Walker).

<i>Cu</i>	<i>Glucosa</i>	<i>Azú c. invert</i>	<i>Cu 2O</i>	<i>Glucosa</i>	<i>Azú c. invert</i>	<i>Cu 2O</i>	<i>Glucosa</i>	<i>Azú c. invert</i>	<i>Cu 2O</i>	<i>Glucosa</i>	<i>Azú c. invert</i>	<i>Cu a0</i>	<i>Glucosa</i>	<i>Azú c. invert</i>
111	50,2	51,4	161	72,8	75,1	211	95,9	99,1	261	119,4	124,2	311	143,4	149,6
112	50,6	51,8	162	73,2	75,5	212	96,4	99,6	262	119,9	124,7	312	143,9	150,1
113	51,1	52,3	163	73,7	76,0	213	96,9	100,1	263	120,4	125,2	313	144,4	150,6
114	51,5	52,8-	164	74,2	76,5	214	97,4	100,6	264	120,9	125,7	314	144,9	151,2
115	52,0	53,2'	165	74,6	76,9	215	97,8	101,1	265	121,4	126,2	315	145,4	151,7
116	52,4	53,7	166	75,1	77,4	216	98,3	101,6	266	121,8	126,7	316	145,8	152,3
117	52,9	54,2	167	75,6	77,9	217	98,7	102,1	267	122,3	127,2	317	146,3	152,8
118	53,3	54,7	168	76,0	78,4	218	99,2	102,6	268	122,8	127,8	318	146,8	153,3
119	53,8	55-,2	169	76,5	78,9	219	99,7	103,1	269	123,3	128,3	319	147,3	153,9
120	54,2	55,7	170	77,0	79,4	220	100,1	103,6	270	123,7	128,8	320	147,8	154,4
121	54,7	56,1	171	77,4	79,9	221	100,6	104,1	271	124,2	129,3'	321	148,2	154,9
122	55,1	56,5	172	77,9	80,4	222	101,1	104,6	272	124,7	129,8	322	148,7	155,4
123	55,6	57,0	173	78,3	80,9	223	101,5	105,1	273	125,2	130,3	323	149,2	155,9
124	56,0	57,5	174	78,8	81,4	224	102,0	105,6	274	125,6	130,8	324	149,7	156,5
125	56,5	58,0	175	79,3	81,9	225	102,5	106,1	275	126,1	131,3	325	150,2	157,0
126	56,9	58,5	176	79,7	82,4	226	103,0	106,6	276	126,6	131,8	326	150,7	157,5
127	57,4	59,0	177	80,2	82,8	227	103,5	107,1	277	127,1	132,3	327	151,2	158,0
128	57,8	59,4	178	80,7	83,3	228	103,9	107,6	278	127,6	132,8	328	151,7	158,6
129	58,3	59,9	179	81,1	83,8	229	104,4	108,1	279	128,0	133,3	329	152,2	159,1
130	58,7	60,3	180	81,5	84,3	230	104,8	108,6	280	128,5	133,8	330	152,7	159,6
131	59,2	60,8	181	82,1	84,7	231	105,3	109,1	281	129,0	134,4	331	153,2	160,1

132	59,6	61,3	182	82,5	85,2	232	105,8	109,6	282	129,4	134,9	33,2	153,6	160,7
133	60,1	61,8	183	82,9	85,7	233	106,3	110,1	283	129,9	135,4	33,3	154,1	161,2
134	60,5	62,3	184	83,4	86,2	234	106,8	110,6	284	130,4	135,9	33,4	154,6	161,8
135	61,0	62,7	185	83,9	86,6	235	107,2	111,1	285	130,8	136,4	33,5	155,1	162,3
136	61,5	63,2	186	84,4	87,1	236	107,7	111,6	286	131,3	136,9	33,6	155,6	162,8
137	61,9	63,7	187	84,8	87,6	237	108,2	112,1	287	131,8	137,4	33,7	156,1	163,4
138	62,4	64,1	188	85,3	88,1	238	108,6	112,6	288	132,3	137,9	33,8	156,6	163,9
139	62,8	64,6	189	85,7	88,5	239	109,1	113,1	289	132,8	138,4	33,9	157,1	164,4
140	63,3	65,1	190	86,2	89,0	240	109,6	113,6	290	133,2	138,9	34,0	157,6	165,0
141	63,7	65,6	191	86,6	89,5	241	110,0	114,2	291	133,7	139,4	34,1	158,0	165,5
142	64,2	66,0	192	87,1	90,0	242	110,5	114,7	292	134,2	140,0	34,2	158,5	166,0
143	64,6	66,5	193	87,6	90,4	243	111,0	115,2	293	134,7	140,5	34,3	159,0	166,5
144	65,0	67,0	194	88,0	90,9	244	111,4	115,7	294	135,2	141,0	34,4	159,5	167,0
145	65,5	67,5	195	88,5	91,4	245	111,9	116,2	295	135,6	141,5	34,5	160,0	167,5
146	66,0	67,9	196	88,9	91,9	246	112,4	116,7	296	136,1	142,0	34,6	160,5	168,0
147	66,4	68,4	197	89,4	92,3	247	112,8	117,2	297	136,6	142,5	34,7	161,0	168,6
148	66,9	68,9	198	89,9	92,8	248	113,3	117,7	298	137,1	143,0	34,8	161,5	169,1
149	67,4	69,3	199	90,3	93,3	249	113,8	118,2	299	137,6	143,5	34,9	162,0	169,6
150	67,8	69,8	200	90,8	93,8	250	114,2	118,7	300	138,1	144,0	35,0	162,4	170,1
151	68,2	70,3	201	91,3	94,2	251	114,7	119,2	301	138,5	144,5	35,1	162,9	170,6
152	68,7	70,8	202	91,7	94,7	252	115,2	119,7	302	139,0	145,0	35,2	163,4	171,2
153	69,2	71,2	203	92,2	95,2	253	115,6	120,2	303	139,5	145,5	35,3	163,9	171,7
154	69,6	71,7	204	92,7	95,7	254	116,1	120,7	304	140,0	146,1	35,4	164,4	172,3
155	70,0	72,2	205	93,2	96,2	255	116,6	121,2	305	140,5	146,6	35,5	164,9	172,8
156	70,5	72,7	206	93,6	96,6	256	117,0	121,7	306	14,0	147,1	35,6	165,4	173,3
157	71,0	73,	207	94,1	97,	257	117,	122,	307	141,	147,	35	165,	173

		2			1		5	2		5	6	7	9	,9
158	71,4	73,6	208	94,5	97,6	258	118,0	122,7	308	142,0	148,1	35,8	166,4	174,4
159	71,9	74,1	209	95,0	98,1	259	118,5	123,2	309	142,5	148,6	35,9	166,9	174,9
160	72,3	74,6	210	95,5	98,6	260	119,0	123,7	310	143,0	149,1	36,0	167,4	175,4

Anexo 2. Cuadros análisis t de student del estudio nutrimental de semillas y pulpa de *Jacaratia mexicana*.

HUMEDAD SEMILLAS	Variable 1	Variable 2
Media	80.047	92.6366667
Varianza	4E-06	0.00023333
Observaciones	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	0.32732684	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-1479.1482	
P(T<=t) una cola	2.2853E-07	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	4.5706E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

HUMEDAD PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	89.169	97.38
Varianza	1E-06	1E-04
Observaciones	3	3
Coefficiente de correlación de Pearson	0.5	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-1490.85698	
P(T<=t) una cola	2.2496E-07	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	4.4991E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

LÍPIDOS SEMILLAS	Variable 1	Variable 2
Media	3.55466667	2.14066667
Varianza	0.15413333	0.06375433

Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	- 0.76371441	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	4.03013686	
P(T<=t) una cola	0.02820478	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.05640956	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

LÍPIDOS PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	0.08	0.01866667
Varianza	0.000027	4.3333E-06
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.69337525	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	26.2857143	
P(T<=t) una cola	0.00072209	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.00144417	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

CENIZAS SEMILLAS	Variable 1	Variable 2
Media	1.78233333	0.30333333
Varianza	0.00292133	0.00226433
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.98537831	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	236.829539	
P(T<=t) una cola	0.000009	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.000018	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	
CENIZAS PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	0.991	0.17866667
Varianza	0.009804	0.00026533
Observaciones	3	3

Coeficiente de correlación de Pearson	0.79733974	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	16.2495557	
P(T<=t) una cola	0.00188291	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.00376581	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

PROTEÍNAS SEMILLAS	Variable 1	Variable 2
Media	6.778	3.96266667
Varianza	8.239863	0.16297733
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.53571919	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	1.82220449	
P(T<=t) una cola	0.10500301	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.21000603	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

PROTEÍNAS PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	5.24166667	0.43266667
Varianza	3.28240033	0.01049433
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	- 0.07714884	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	4.57031553	
P(T<=t) una cola	0.02234501	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.04469003	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

FIBRA SEMILLAS	Variable 1	Variable 2
Media	99.3306667	98.0706667
Varianza	0.03959033	0.18033433
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	- 0.96477478	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	3.52657207	
P(T<=t) una cola	0.0359245	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.071849	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

FIBRA PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	99.83	98.2983333
Varianza	0.0004	2.36850033
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.85120579	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	1.74304542	
P(T<=t) una cola	0.11172387	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.22344774	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

CARBOHIDRATOS SEMILLAS	Variable 1	Variable 2
Media	7.83666667	0.95333333
Varianza	6.45403333	0.08503333
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.97334144	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	5.28086362	
P(T<=t) una cola	0.01701904	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.03403808	



Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273
--------------------------------	------------

CARBOHIDRATOS PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	4.52	1.99
Varianza	3.6075	0.0097
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.09622401	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	2.3156177	
P(T<=t) una cola	0.07328644	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.14657288	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

GLUCOSA PULPA	Variable 1	Variable 2
Media	7.77	7.76
Varianza	0.2359	0.9324
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.67613145	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	0.02370005	
P(T<=t) una cola	0.49162194	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.98324388	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	