

# CONTENIDO

	PÁGINA
Introducción.....	1
Justificación.....	4
Planteamiento del problema.....	6
Objetivo.....	8
• Objetivo general.....	8
• Objetivos específicos.....	8
Hipótesis.....	9
Marco teórico.....	10
• Seguridad alimentaria.....	10
• Aceites vegetales.....	11
○ Definición de aceite.....	11
○ Ácidos grasos.....	11
○ Caracterización de aceites.....	13
• Alimentos no convencionales.....	15
• Cacaté.....	17
○ Características biológicas.....	19
Metodología.....	22
• Universo y muestra.....	22
• Criterios de inclusión y exclusión.....	22
• Variables.....	23
• Método de recolección de muestras.....	23
Presentación y análisis de resultados.....	34
• Análisis físicos y químicos proximal de la semilla de cacaté...	34
• Análisis físicos y químicos del aceite de cacaté.....	40
Conclusión.....	45
Propuestas.....	46
Referencias documentales.....	47
Anexo 1.....	55
Anexo 2.....	57



## INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Nombres comunes de los ácidos grasos.....	12
Tabla 2. Perfil climático obtenido con base en los sitios de colecta de <i>Oecapetalum mexicanum Grenm &amp; Thomps</i> .....	21
Tabla 3. Factores de conversión para proteína cruda de diversos aimentos.....	32
Tabla 4. Composición del fruto del cacaté, parámetros físicos y su análisis proximal.....	35
Tabla 5. Comparación cacaté y cacahuate.....	36
Tabla 6. Composición proximal de harinas de granos básicos y el cacaté.	36
Tabla 7. Composición proximal del cacaté y oleaginosas reportadas por la FAO.....	37
Tabla 8. Composición proximal de cacaté y leguminosas reportadas por la FAO .....	37
Tabla 9. Análisis proximal del cacaté, leguminosas y oleaginosas (g/100 g) .....	38
Tabla 10. Comparativo del valor nutritivo del cacaté y algunas leguminosas (por 100 gr en crudo).....	39
Tabla 11. Comparativo del valor nutritivo del cacaté y algunas oleaginosas (por 100 gr en crudo).....	39
Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos del aceite de cacaté.....	41

Tabla 13. Comparación de las características físico-químicas de diferentes aceites.....	41
Tabla 14. Características fisicoquímicas de diferentes aceites.....	42
Tabla 15. Comparación del análisis físico químico de los aceites de cacaté, oliva y aguacate.....	42
Tabla 16. Comparativo de características físico químicas del aceite de cacaté, sachá incha, oliva y pescado.....	43
Tabla 17. Perfil de ácidos grasos del aceite de cacaté y aceites comerciales.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Estructura química de los ácidos grasos indispensables.....	13
Figura 2. Planta de cacaté ( <i>Oecapetalum mexicanum Greenm &amp; Thomps</i> ) en el estado de Veracruz.....	19
Figura 3. Fruto seco del Cacaté.....	34
Figura 4. Fruto fresco del cacaté .....	34
Figura 5. Fruto de cacaté deshidratado .....	34
Figura 6. Aceite crudo de cacaté.....	34
Figura 7. Proceso de obtención del aceite de cacaté.....	40



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

## DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 03 de julio de 2020  
Oficio No. DGIP/CP/00119/2020  
**Asunto:** Autorización de impresión de tesis

**C. Marco Antonio Selvas Castellanos**  
**Candidato al Grado de Maestro en**  
**Alimentación y Nutrición**  
**UNICACH**  
**P r e s e n t e**

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **“Caracterización Físico-Química del aceite crudo de cacaté (*Oecopetalum mexicanum Greenm*)”**, cuyo director de tesis es el M en C. Julio E. Ballinas Díaz quién avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido, esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Alimentación y Nutrición**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

**ATENTAMENTE**  
**“POR LA CULTURA DE MI RAZA”**

**DR. RICARDO DAVID ESTRADA SOTO**  
**DIRECTOR GENERAL**



C.c.p. Dr. Pascual Ramos García. Secretario General UNICACH. – Para su conocimiento.  
Lic. Aurora E. Serrano Roblero. Secretaria Académica UNICACH. - Para su conocimiento.  
Dr. Gilber Vela Gutiérrez. Director de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentación UNICACH. – Para su conocimiento.  
Dra. Esmeralda García Parra. Coordinadora de la Maestría en Nutrición y Alimentación Sustentable UNICACH. – Para su conocimiento.  
Expediente  
\*RDES/igp/rags



**Dirección General de**  
**Investigación**  
**y Posgrado**



Libramiento Norte Poniente No.1150, Colonia Lajas Maciel  
CP 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
Tel: (961)6170440 Ext. 4360  
investigacionyposgrado@unicach.mx

## INTRODUCCIÓN

En 1990, la cantidad total de grasas alimentarias disponibles en todo el mundo se estimó en 68 gramos/ persona/por día. Sin embargo, esta cifra media no revela las grandes disparidades entre regiones geográficas. Mientras que en Asia y África la cantidad total de grasas disponible era menor de 50 gramos por persona y por día, en Sudamérica era de 74 gramos/persona/por día. En la ex URSS, la cantidad de grasas disponible era de 107 gramos/persona/por día. En América del Norte y Central, la cantidad total de grasas disponible era de 126 gramos/persona/día, mientras que en Europa era de 143 gramos/persona/día. Por último, en Oceanía se disponía de 121 gramos/persona/día (FAO, 1993).

Cuando los países se clasifican según el nivel de desarrollo económico, aparecen más claramente las diferencias en cuanto a la disponibilidad total de grasas entre los distintos grupos. En los países desarrollados, la disponibilidad diaria de grasas por persona era de 128 gramos, mientras que en los países en desarrollo no excedía de los 49 gramos. Dentro de cada uno de estos dos grupos económicos, existen grandes diferencias en la disponibilidad total de grasas según regiones y países (Id.).

La urbanización está fuertemente relacionada con el consumo creciente de grasas en los países en desarrollo. Este es un fenómeno general que forma parte del cambio global en los hábitos alimentarios. El entorno ambiental, la disponibilidad local de grasas y aceites, los hábitos alimentarios y el nivel educativo son otros factores que afectan al nivel de consumo de grasas. Otros factores personales y sociológicos afectan también al consumo de grasas (Stephen y Wald, 1990; Den Hartog, 1992).

Durante las tres últimas décadas ha aumentado constantemente la disponibilidad de grasas en el mundo, especialmente en los países en desarrollo. Sin embargo, en comparación con los países desarrollados, el consumo de grasas sigue siendo bajo en aquellos.

En los países en desarrollo, las familias rurales, que con frecuencia son los miembros más pobres de la sociedad, tienen una alimentación con bajo contenido de grasas, debido a sus bajos ingresos y a su limitado acceso a aportes diversificados de alimentos. La desnutrición constituye un problema crucial y el aumentar la cantidad de energía disponible debe constituir una prioridad. Las grasas y aceites juegan un papel fundamental para conseguir este aumento. Sin embargo, en los países en desarrollo las políticas diseñadas para favorecer este aumento pueden constituir un factor de riesgo para las poblaciones urbanas, que tienen una alimentación con exceso de grasas.

En Chiapas, existen más de 100 alimentos vegetales, algunos de los cuales son ricos en macronutrientes, especialmente en lípidos. El cacaté o cachichín, es un fruto silvestre comestible que se distribuye en México (Veracruz, Chiapas) y Guatemala; pertenece a la familia Icacinaceae, dentro de la cual hay otras especies que igualmente presentan semillas comestibles o sus hojas son utilizadas como tinte natural (Quintas, 2003). Es un árbol o arbusto de 2 a 25 m de altura, de hojas simples de 15 a 25 cm de largo y entre 7 y 10 de ancho, con forma elíptico-lanceolada. La flor es blanca, de ocho mm de largo; el fruto es globoso, verde y café al madurar, mide de 2 a 3 cm de largo por uno o dos de ancho (Gutiérrez, 1994). La semilla se caracteriza por su sabor amargo y color café y mide de siete a nueve milímetros de largo.

El género *Oecopetalum* está representado por dos especies en el sureste de México y Guatemala. De éstas, *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & Thomps, se localiza en el estado de Veracruz. La semilla de esta especie es comestible, aunque es de sabor amargo y se sabe que contiene altas cantidades de potasio, calcio y magnesio (Gutiérrez, 1994; Ruíz, 2004; Soto *et al*, 2000). Se comparan algunos parámetros fisicoquímicos del aceite respecto al trabajo presentado por Ballinas *et al* (1999), sin encontrar diferencias significativas para la densidad, índice de acidez e índice de saponificación. Se encontraron además valores para el porcentaje de fibra cruda, cenizas carbohidratos y proteína fue de 4.15, 3.15, 44.50 y 13.20 respectivamente.

El perfil de ácidos grasos proporciona definitivamente la diferencia en valor nutricional de este aceite, muy especialmente en relación al contenido de ácidos grasos insaturados, presentando una marcada diferencia de ácido linoleico (49.9-53.4%) respecto al aceite de aguacate (12.87%).

## JUSTIFICACIÓN

Durante las tres últimas décadas ha aumentado constantemente la disponibilidad de grasas en el mundo, especialmente en los países en desarrollo; sin embargo, en comparación con los países desarrollados, el consumo de grasas sigue siendo bajo en aquéllos.

Si bien cada país presenta determinadas variedades de aceite, sólo algunos aceites tienen importancia mundial. Entre los principales aceites comerciales, el suministro de aceite de soja ha aumentado de 2,2 a 7 gramos por persona y por día, mientras que la disponibilidad de aceite de girasol ha aumentado de 1,3 a 3,5 gramos por persona y por día. El suministro de aceite de colza se incrementó de 0,9 a 3,4 gramos por persona y por día, y la disponibilidad de aceite de palma aumentó de 0,9 a 2,9 gramos por persona y por día. El suministro de aceite de cacahuete (maní) permaneció aproximadamente igual (2 gramos por persona y por día) durante las tres últimas décadas (FAO, 1993).

Con base a lo anterior, la presente investigación parte del hecho que la semilla de cacaté es un alimento rico en lípidos, considerándosele entre un 38 a 40% en base seca.

Si a ello se le aúna que es un alimento no convencional y cuyo cultivo está dedicado especialmente para sombra de las plantaciones de café, desaprovechándose con ello su potencial para la explotación oleaginosa.

Es por tal razón que cobra importancia la Seguridad Alimentaria y Nutricional, por medio de su primer pilar: la disponibilidad de alimentos, dentro del cual el procesamiento de dicho fruto permitirá obtener el aceite, y que mediante el almacenamiento dará la oportunidad de comercializarlo, garantizando así el abastecimiento de dicho nutrimento.

Esto podría además generar un cambio sustancial dentro de la estructura económica de los campesinos, que podría enfocar sus esfuerzos a la producción sistemática de las plantaciones de cacaté, pasando de ser una sombra para café a un techo de crecimiento potencial para los productores.

Con ello se abarca no solo el primer pilar de la Seguridad Alimentaria y Nutricional, sino el segundo pilar, que se refiere a la accesibilidad a los alimentos, el cual se refiere al desarrollo de empleos y salarios que garanticen a la población un acceso a sus alimentos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los consumidores se ven con frecuencia atraídos por los alimentos cuyas texturas y sabores derivan de las grasas. Aunque existen diferencias según las regiones, la temporada y los hábitos alimentarios, normalmente los consumidores aumentan la proporción de grasas de su alimentación a medida que aumentan sus ingresos. El aumento de la cantidad y el cambio de la calidad de las grasas y aceites presentan importantes consecuencias en la nutrición.

En 1990, la cantidad total de grasas alimentarias disponibles en todo el mundo se estimó en 68 gramos por persona y por día. Sin embargo, esta cifra media no revela las grandes disparidades entre regiones geográficas. Mientras que en Asia y África la cantidad total de grasas disponible era menor de 50 gramos por persona y por día, en Sudamérica era de 74 gramos por persona y por día. En la ex URSS, la cantidad de grasas disponible era de 107 gramos por persona y por día. En América del Norte y Central, la cantidad total de grasas disponible era de 126 gramos por persona y por día, mientras que en Europa era de 143 gramos por persona y por día. Por último, en Oceanía se disponía de 121 gramos por persona y por día (FAO, 1993).

Cuando los países se clasifican según el nivel de desarrollo económico, aparecen más claramente las diferencias en cuanto a la disponibilidad total de grasas entre los distintos grupos. En los países desarrollados, la disponibilidad diaria de grasas por persona era de 128 gramos, mientras que en los países en desarrollo no excedía de los 49 gramos. Dentro de cada uno de estos dos grupos económicos, existen grandes diferencias en la disponibilidad total de grasas según regiones y países.

La urbanización está fuertemente relacionada con el consumo creciente de grasas en los países en desarrollo. Este es un fenómeno general que forma parte del cambio global en los hábitos alimentarios. El entorno ambiental, la disponibilidad local de grasas y aceites, los hábitos alimentarios y el nivel educativo son otros factores que afectan al nivel de consumo de grasas. Otros factores personales y sociológicos afectan también al consumo de grasas.

Según las Hojas de Balance de Alimentos de la FAO (FAO, 1993), las grasas visibles aportan cerca de la mitad de la grasa disponible en el mundo. Además, los aceites de origen vegetal aportan un porcentaje considerablemente mayor de grasas visibles que los de origen animal. El porcentaje de grasas visibles de origen animal es superior en los países desarrollados, excepto en América del Norte (Canadá y Estados Unidos de América). Según los datos relativos a 165 países, la disponibilidad de grasas animales ha disminuido o se ha mantenido en el mismo nivel en 102 países. Esta tendencia se hace más acusada a finales de los años ochenta.

De acuerdo a éste mismo informe de la FAO, para América Latina el consumo de grasas totales g/persona/día es de 75.4; dentro de ellas el porcentaje de grasas visibles de vegetales es de 43, para animales de 9, de carne 22 y de leche 10; en cuanto a grasas invisibles el 7% corresponde para los cereales, 3% para cultivos oleaginosos y 6% para otros.

A nivel mundial, en 1990 las fuentes vegetales aportaron 24 gramos de aceite por persona y por día, mientras que los animales proporcionaron 6 gramos de grasa visible por persona y por día. De los 165 países, todos excepto 12 experimentaron aumentos en la disponibilidad de aceites vegetales a partir de 1961 (FAO, 1993). En 1990, 65 países disponían de más de 30 gramos de aceite vegetal por persona y por día, y otros 6 países (Malasia, Túnez, España, Italia, Israel y Grecia) disponían de más de 60 gramos por persona y por día.

## OBJETIVOS

Determinar los parámetros físicos y químicos del aceite de cacaté *Oecapetalum mexicanum Greenm & Thomps*, a fin de conocer la calidad de dicho aceite, para el posible uso comestible.

### Objetivos específicos.

- Elaborar la harina de la semilla de cacaté.
- Realizar el análisis proximal a la harina de la semilla de cacaté, a fin de determinar su valor nutricional.
- Extraer el aceite de la semilla de cacaté.
- Determinación de parámetros físicos del aceite de cacaté:
  - Densidad.
  - Color.
  - Olor
  - Sabor
- Determinación de parámetros químicos del aceite de cacaté:
  - Índice de acidez.
  - Ácidos grasos libres
  - Índice de saponificación
  - Índice de peróxido.
  - Índice de yodo.
  - Material insaponificable.
- Obtener el perfil de ácidos grasos del aceite de cacaté

## **HIPÓTESIS**

Tomando como base la apariencia física del aceite de cacatú, se espera obtener un aceite con características químicas muy parecidas a las del aceite de oliva y a las del aceite de aguacate. Por tal motivo, se considera que el perfil de ácidos grasos que presente el aceite de cacatú, pueda ubicar su calidad de aceite dentro del rango del ácido alfa linolénico, uno de los ácidos de la familia omega3.

## MARCO TEÓRICO.

### Seguridad alimentaria.

De acuerdo al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP] (2001), la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) se define como:

*“El estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su propio desarrollo”.*

Este mismo organismo establece que existen cuatro pilares o principios básicos en los cuales se sustenta la Seguridad Alimentaria y Nutricional, los cuales a saber son:

- a. Disponibilidad de Alimentos: Que refiere la producción, almacenamiento, comercio, e infraestructura que garantice el abastecimiento de los alimentos.
- b. Accesibilidad a los Alimentos: Determina que el empleo, salarios, renta, precios, garanticen ingresos a la población para adquirir o producir sus alimentos.
- c. Consumo de Alimentos. Considera que los hábitos, costumbres, educación son las que inciden en las decisiones sobre alimentación y nutrición.
- d. Utilización biológica de los Alimentos: Propone un acceso a condiciones ambientales y de servicios de salud que aseguren la capacidad orgánica para un buen aprovechamiento de los nutrientes.

Por lo consiguiente, el estado de Inseguridad Alimentaria Nutricional en que viven numerosos grupos de la población, está determinado a su vez por las limitaciones en la disponibilidad y el acceso a los alimentos, por la educación y la cultura alimentaria nutricional de la población y por la condición sanitaria de la misma (INCAP, 2001).

## **Aceites vegetales**

### **Definición de aceite**

Para Knothe y Krahl (2010) el aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Constituyen los compuestos más estables, no son fácilmente degradables, no se disuelven en el agua y tienen menor densidad que esta. Algunos autores lo definen como un líquido graso, que se obtiene especialmente de diversos vegetales y se utiliza con fines alimenticios, energéticos o lubricante. Igualmente se deterioran químicamente con el tiempo, debido al proceso de oxidación; este proceso se conoce como rancidez, el cual constituye una de las principales causas de pérdida de la calidad de alimentos con un alto grado de lípidos.

### **Ácidos grasos**

Los ácidos grasos consisten en una cadena de átomos de carbono (C) a los que se unen los átomos de hidrógeno (H). Los ácidos grasos naturales tienen habitualmente un número par de átomos de carbono (C), dado que las cadenas se forman en unidades C-C. Los mismos se clasifican según la longitud de su cadena en: cadena corta, media o larga, su grado de saturación en: saturados o insaturados y la posición de los dobles enlaces en: entre el noveno y el décimo átomo de carbono (Hernández, 2013). En la Tabla 1 se muestra la estructura química de los ácidos grasos.

#### **Ácidos grasos saturados:**

Si el número máximo de átomos de hidrógeno que pueden contener las cadenas de carbono están unidos a dichas cadenas, estas se describen como “saturadas”. Los ácidos grasos saturados son muy estables. En términos de utilización, esto significa que pueden soportar elevadas temperaturas y almacenarse durante largos periodos (Ma, *et al*, 1998).

#### **Ácidos grasos insaturados**

Los ácidos grasos insaturados se dividen en dos grandes grupos, los ácidos grasos monoinsaturados y los poliinsaturados. Los ácidos grasos monoinsaturados tienen dos átomos de hidrógeno menos, lo que significa que los dos brazos libres se unen y forman un segundo enlace, denominado doble enlace, entre dos átomos de carbono. Los ácidos grasos

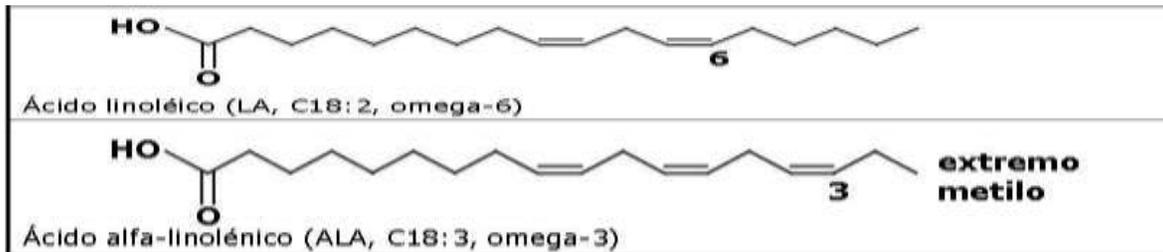
poliinsaturados tienen varios átomos de hidrógeno menos. A mayor número de dobles enlaces, más insaturados y reactivos son los ácidos grasos. Los ácidos grasos insaturados tienen un papel importante dentro de la fisiología nutricional. El organismo humano por sí mismo no puede producir ácidos grasos poliinsaturados como el linoléico y ácido linoléico, pero los necesita para la generación de células (Ma, *et al*, 1998).

**Tabla 1. Nombres comunes de los ácidos grasos**

<b>Estructura (C:N)</b>	<b>Nombre común</b>
4:0	Ácido Butírico
12:0	Ácido Láurico
14:0	Ácido Mirístico
16:0	Ácido Palmítico
18:0	Ácido Esteárico
20:0	Ácido Araquídico
24:0	Ácido Lignocérico
18:1 (n-9)	Ácido Oléico
18:2 (n-6)	Ácido Linoleico
18:3 (n-3)	Ácido Linolénico
20:4 (n-6)	Ácido Araquidónico
20:5 (n-3)	Eicosapentanoico
22:6 (n-3)	Docosa ácido hexanoico

### **Ácidos grasos esenciales.**

Según Thompson y colaboradores (2008), los esenciales son aquellos que el organismo no es capaz de sintetizar ya que el hombre no puede introducir dobles enlaces antes del noveno carbono desde el carbono omega, por lo que deben ser obtenidos de los alimentos. Los dos ácidos grasos esenciales son el ácido linoleico y el alfa linolenico (figura 1).



**Figura 1.** Estructura química de los ácidos grasos indispensables: ácido linoleico y ácido alfa linoléico. C18:2 y C18:3 indican que ambos ácidos grasos contiene 18 carbonos con dos y tres doble enlaces respectivamente

El ácido linoleico pertenece a la familia omega-6, se encuentra presente en verduras, nueces, aceites vegetales como el de cártamo, maíz, soja y cacahuate. El metabolismo en el cuerpo es en forma de ácido araquidónico, que es precursor de ecosanoides (Thompson, et al; 2008).

El ácido alfa linoleico pertenece a la familia omega-3, se encuentra presente en vegetales de hoja, semilla y aceite de linaza, soja, nueces. Los dos tipos de omega-3 que se encuentran en el pescado, mariscos o aceites relacionemos son el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), han demostrado ser benéficos para la salud (Thompson, 2008)

## Caracterización de aceites

Existen varios índices que se utilizan para la caracterización físico-química de los aceites.

- **Índice de Refracción**

El índice de refracción es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo. De forma más precisa, el índice de refracción es el cambio de la fase por unidad de longitud. Este parámetro está relacionado con la estimación de la pureza de sustancias. Se puede determinar a través de un intervalo.

- **Índice de Saponificación**

El índice de saponificación de un aceite es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar completamente 1 g de aceite. Dado que los aceites están formados por triglicéridos principalmente, y que cada triglicérido necesita 3 moléculas de KOH para saponificarse, este índice puede ser usado para estimar aproximadamente el peso molecular promedio del aceite estudiado. La saponificación es capaz de consumir el catalizador necesario para la transesterificación, y los jabones producidos promueven la formación de emulsiones que dificultan la purificación de biodiesel.

- **Índice de acidez**

El índice de acidez (IA) es el número de miligramos de KOH necesario para neutralizar los ácidos grasos libres (que no se encuentran unidos a un glicérido) de 1 g de aceite. Se determina mediante la titulación o valoración del aceite disuelto en alcohol con una solución estándar de KOH. Un valor elevado para este índice muestra que el aceite contiene una alta cantidad de ácidos grasos libres, ya que ha experimentado un alto grado de hidrólisis. Puede expresarse también como porcentaje de ácido oleico, palmítico o láurico, según el ácido graso que predomine en la grasa en cuestión

Los aceites y grasas refinados deben tener un nivel de ácidos grasos libres inferior al 0,2% como ácido oleico para ser aptos para su uso en alimentación

- **Índice de Yodo**

El índice de yodo (IY) es el número de miliequivalentes o partes de yodo absorbido por 100 partes de peso de sustancia. Este valor indica el número de insaturaciones de los ácidos grasos en el aceite. Un aceite totalmente saturado poseerá un IY igual a cero, mientras que a mayor cantidad de insaturaciones se fijará en ellos una cantidad proporcional de yodo, incrementándose este índice. El grado de insaturación del aceite es importante, en primer lugar, porque está relacionado con el punto de fusión del mismo. A mayor cantidad de insaturaciones, el punto de fusión del aceite será menor. Sin embargo, como los aceites naturales, están compuestos por diversos ácidos grasos (saturados e insaturados) con distintos puntos de fusión, ellos solidifican en realidad en un intervalo amplio de temperaturas.

Los aceites vegetales pueden dividirse de acuerdo al índice de yodo en cuatro grandes grupos:

- Aceites saturados: índices de yodo de 5 a 50. Ejemplo: Lóricos: copra, palmito, babasú (etc.); Palmíticos: palma; Esteáricos: karité
- Aceites monoinsaturados: índices de yodo de 50 a 100. Ejemplo: Oleicos: aceituna, cacahuete, colza, sésamo, *Jatropha curcas*
- Aceites biinsaturados: índices de yodo de 100 a 150. Ejemplo: Linoleico: girasol, algodón, maíz, soja
- Aceites triinsaturados: índices de yodo mayores que 150

- **Índice de peróxido**

La determinación del índice de peróxido es una de las técnicas para determinar el estado de conservación del alimento a través de la determinación de peróxidos como producto resultante primario de la oxidación del aceite, los cuales destruyen vitaminas liposolubles: A, D, E, caroteno y parte de los ácidos grasos esenciales y paraliza la biosíntesis de vitamina K. Para determinar el índice de peróxido, se usan dos métodos, el método tradicional a través de una titulación en base a tiosulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) y el método por fotometría.

## **Alimentos no convencionales.**

Según Lezcano, existen marcadas diferencias entre los alimentos convencionales y no convencionales desde el punto de vista biológico, físico y químico. En los últimos 30 años numerosas investigaciones han demostrado que con algunos alimentos no convencionales se logran resultados de comportamiento comparables a los obtenidos con la alimentación convencional. No obstante esta última puede definirse como aquellos productos que provienen fundamentalmente de granos de cereales, leguminosas y harinas de origen animal, los cuales han sido ampliamente estudiados y su valor nutritivo es de reconocida calidad.

Comenta además, que los alimentos no convencionales están constituidos por una amplia gama de productos y subproductos que existen en el área tropical. Estos alimentos varían ampliamente en su composición química y pueden presentarse en forma líquida, semi-líquida o sólida.

Según Pérez (1997), citado por Gonzalvo y colaboradores (2000), la producción de carne de animales monogástricos a partir de alimentos no convencionales en los países en vías de desarrollo se ha convertido en una actividad prácticamente obligada para toda la población, especialmente la rural. La escasa disponibilidad de las fuentes convencionales y sus elevados precios constituyen un obstáculo para la rentabilidad y estabilidad de esta actividad agropecuaria. A esta situación se une la competencia existente entre la población humana y los animales monogástricos no herbívoros (cerdos y aves) por los mismos alimentos y el hecho de que los países subdesarrollados, que generalmente están localizados en zonas tropicales y subtropicales, no poseen las condiciones climáticas ni el avance tecnológico que les permita cosechas productivas de cultivos equivalentes a los cereales y fuentes de proteína convencional.

Chiapas es de los pocos estados de México que posee una diversidad natural constituida por importantes zonas biológicas de planicies costeras, selvas cálida y nubliselvas, bosques de encino y pinares, lo que constituye un mosaico geográfico siempre asombroso (Mayorga y De la Cruz, 2000) (Sánchez, 2003).

La cocina es una de las manifestaciones más relevantes de la cultura, pero, a veces, poco sabemos de ella y de quienes la hacen. En Chiapas, donde la diversidad es siempre asombrosa, la tradición gastronómica es muy variada y es resultado de dos influencias: la indígena y la española, todo ello dentro del marco de una prodigiosa naturaleza que ha proveído desde milenios de las especias, raíces, animales, semillas, frutos y vegetales que aún se consumen en algunas localidades (Mayorga y De la Cruz, 2000).

Todos estos alimentos autóctonos que fueron cayendo en desuso después de la colonización, programas como la revolución verde y otras causas, son los que hoy en día conocemos como “alimentos no convencionales” (Ysunza, 1990). Menciona además que la

imposición de la modernización Norteamericana, ha hecho que muchas poblaciones que en épocas anteriores consumían ciertos productos vegetales silvestres, actualmente ya no lo hagan o lo hacen con muy poca frecuencia, porque consideran a esos alimentos para “pobres” o para “animales”, ignorando que su contenido nutrimental representa un potencial, que en ocasiones es superior a los alimentos convencionales.

Pacheco (1990) señala que en Chiapas se producen naturalmente más de 135 productos vegetales del tipo no convencional, entre los que destacan: abaca, achin, busha, baricoco, chapaya, cacaté, guash, pacaya, cupapé, xun, muen. Asimismo Flores (2000) hace referencia que dentro de la cocina exótica de Chiapas podemos encontrar orugas, hongos silvestres (yuyos, moni y tashos), tlacuaches, shuti, flores de las palmeras (macuse, corozo y pacaya), el xiloxen, el pito de chamula, la cueza, el huapazote y la chapaya dentro otros más.

Ballinas y colaboradores (1999), nos refieren que la crisis mundial está obligando al hombre a buscar alternativas de sobrevivencia , la cual tiene que basarse necesariamente en la producción y distribución suficiente y variada de alimentos. En la actualidad el hombre depende solo de muy pocas especies, lo que hace necesario volver la vista a los alimentos no convencionales, quienes nos han acompañado a lo largo de nuestro devenir histórico.

## **Cacaté.**

El cacaté o cachichín, es un fruto silvestre comestible que se distribuye en México (Veracruz, Chiapas) y Guatemala. Su nombre científico es *Oecopetalum mexicanum* Greenm & Thopms, mejor conocido en nuestro estado como cacaté (cachichín, en el estado de Veracruz); pertenece a la familia Icacinaceae, dentro de la cual hay otras especies que igualmente presentan semillas comestibles o sus hojas son utilizadas como tinte natural (Quintas, 2003).

Para Flores (2000), el cacaté es un fruto verdoso no mayor que una canica de buen tamaño que después de cocido presenta un aspecto negro. Dentro de su cáscara dura hay un fruto tierno y con la consistencia del coco; es de sabor amargo salobre pero gusta mucho por las zonas de Ixtapa y Simojovel de Allende, así como en las zonas frías.

El cacaté se comienza a ver en los mercados entre agosto a noviembre; se puede comer solo, como fruta de temporada o encurtir con los chiles en vinagre, o para acompañar un buen plato de frijoles negros. Es utilizado también como botana y es normal que en la temporada en que se da, en las cantinas de la zona de Simojovel se sirvan cacatés ya pelados.

El cacaté es un árbol de dos a 25 metros de altura, de hojas simples de 15 a 25 centímetros de largo y entre siete y 10 de ancho, con forma elíptico-lanceolada (Figura 2). La flor es blanca, de ocho milímetros de largo; el fruto es globoso, verde y café al madurar, mide de dos a tres centímetros de largo por uno o dos de ancho (Gutiérrez, 1994). La semilla se caracteriza por su sabor amargo y color café y mide de siete a nueve milímetros de largo. Según Carballo (1996) citado por Quintas (2003), ésta tiene un alto contenido en grasas y proteínas.

No existe hasta el momento ningún estudio sobre el comportamiento ecológico de la especie, ni sobre el impacto de la extracción de este fruto. Son los recolectores, que a través de los años han utilizado y manejado este recurso, quienes mejor conocen su biología (floración, fructificación, reproducción, polinización), así como sus plagas, métodos de extracción y manejo después de la cosecha (Quintas, 2003)

Quintas (2003), hace referencia a *Don Uvaldo Fernández*, un cachichinero de 70 años, quién le comentó que la cosecha se realiza entre los meses de abril y mayo, y que varía mucho de un año a otro, alternando un año de alta producción por uno de baja. El fruto se colecta del suelo, seleccionando el de color café claro, después se deja secar a la sombra, y de esta manera se puede conservar hasta por un año. Los árboles comienzan a fructificar hasta los tres años, siendo su único depredador o plaga los cotorros.

Las mujeres lo preparan tostado o hervido, agregándole a veces un poquito de sal; se come principalmente como botana, o en algunos casos acompañando a platillos como enfrijoladas o enmoladas.

Hoy en día, don Uvaldo Fernández sabe que el cachichín se ha convertido en un producto comercial interesante en Veracruz, pues se paga a 15 pesos por kilogramo crudo, y

procesado puede aumentar hasta 40 pesos/kg., precio muy superior al del café en esa región (1.5 pesos/kg.).

### **Características biológicas.**

La familia Icacinacea Miers, está integrada por árboles, arbustos o lianas. Sus hojas son alternas o raramente opuestas, con margen entero u ocasionalmente dentado; las flores están dispuestas en cimas o panículas y el fruto es una drupa con una semilla (Gutiérrez, 1994).

El género *Oecopetalum* está representado por dos especies en el sureste de México y Guatemala. De éstas, *Oecopetalum mexicanum* Greenm & Thomps, se localizan en el estado de Veracruz, Tabasco y Chiapas. La semilla de esta especie es comestible, aunque es de sabor amargo y se sabe que contiene cantidades de potasio, calcio y magnesio (Gutiérrez, 1994; Ruíz, 2004; Soto *et al* , 2000).

El Instituto de Ecología, A.C. en el estado de Veracruz, revisó los ejemplares del herbario del Instituto de Biología de la UNAM y los del herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, encontrando 24 muestras para *Oecopetalum mexicanum*, ubicándolas en el centro del estado (Medina)



**Figura 2. Planta de cacaaté (*Oecopetalum mexicanum* Greenm & Thomps) en el estado de Veracruz.**

Con base a estos estudios se encontró que *O. Mexicanum* se desarrolla en lugares con clima cálido **Af(m)** [cálido húmedo con temperatura media anual mayor de 22°C , con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco superior a los 60 mm, pero con un % de lluvia menor de 18]; semicálido **(A)C(fm)** [semicálido húmedo, temperatura media anual entre 18 y 22°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm, lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor del 18% del total anual], y templado **C(fm)** [templado húmedo, temperatura media anual entre 12 y 18°C. Lluvias todo el año, precipitación del mes más seco superior a 40 mm %, pero un porcentaje de lluvia invernal menor de 18] (Tabla 2).

La temperatura máxima extrema comprende valores del orden de 28 a más de 35° C, con un mayor número mayor de colectas en el intervalo de 32 a 33° C. La temperatura mínima extrema para los sitios de colecta de *O. Mexicanum* van de los 8 hasta más de 17° C, con una concentración de colectas en el intervalo de 12 a 13° C. (Tabla 2)

En cuanto a la humedad se determinó valores que van desde 1400 hasta 2200 mm. En lo referente a la altitud el intervalo va desde 1 hasta 2000 m.s.n.m. Sin embargo el mayor número de colectas se encontraron entre lo 500 a 1000 m.s.n.m. En el caso del suelo, que es otro de los factores abióticos que determinan la presencia de comunidades en un área, se encontro que *O. Mexicanum* se desarrolla en suelos tipo Andosol mólico, Luvisol órtico y Nitosol dístrico. (Tabla 2).

Las modificaciones ecológico-paisajísticas son una forma de diagnosticar el estado de conservación o deterioro del ambiente, considerando tanto los procesos naturales como las repercusiones de las diferentes actividades antrópicas. Al tener en cuenta que los cambios que se pueden dar son variados y que su efecto total o parcial dependerá de la persistencia y fuerza con que actúen los agentes modificadores, en este enfoque se busca encontrar la forma y magnitud en las que se han modificado las características de los diversos componentes del medio (Giddings *et al.*, 1996).

Se determinaron ocho categorías que corresponden a diferentes grados de modificación que van desde los débiles hasta los drásticamente modificados, para *Oecopetalum mexicanum* la concentración de colectas (13) son de lugares muy fuertemente modificados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Perfil climático obtenido con base en los sitios de colecta de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & Thomps.

Parámetro	Intervalo General Climático	Valor más Frecuente
Climas	Af(m), (A)C(fm), C(fm)	(A)C(fm)
Altitud	1 a 2000 m	500 a 1000 m
Promedio anual de temperatura media	17 a 26° C	22 a 23°C
Promedio anual de temperatura máxima extrema	28 a > 35° C	32 a 33°C
Promedio anual de temperatura mínima extrema	8 a > 17° c	12 a 13°C
Promedio anual de temperatura mínima media	2 a 12°C	6 a 8°C
Precipitación total anual	1400 a 2800 mm	1800 a 2000 mm
Promedio anual de lluvia máxima en 24 hr.	30 a 70 mm	40 a 50 mm
Lluvia máxima en 24 horas (maximum maximorum)	100 a 400 mm	100 a 200 mm
Número de días con precipitación apreciable.	100 a > 150	100 a 150
Número de días con precipitación inapreciable	< 10 a 40	20 a 40
Número de días con tempestad	< 10 a 40	10 a 20
Número de días con helada	1 en 10 años, a ó más en 10 años	1 en 10 años
Número de días con granizo	1	1
Número de días nublados	50 a 200	50 a 100

\*Datos considerados para la distribución potencial además de vegetación.

Fuente: Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

## METODOLOGÍA.

### Diseño de la investigación:

Experimental y cuantitativo.

### Universo y muestra.

La familia Icacinaceae Miers, está integrada por árboles, arbustos o lianas. Sus hojas son alternas o raramente opuestas, con margen entero u ocasionalmente dentado; las flores están dispuestas en cimas o panículas y el fruto es una drupa con una semilla (Gutiérrez, 1994).

Esta familia la integran alrededor de 60 géneros y 400 especies cuya distribución es pantropical, con relativamente pocas especies en las regiones templadas. En América tropical se distribuyen 12 géneros. Otros sitios de distribución corresponden a África tropical, Nueva Zelanda y Asia.

En Veracruz se encuentran tres géneros: *Calatola* Standl., *Mappia* Jacq. y *Oecopetalum* Greenm. & Thomps. El género *Calatola* con siete especies se distribuye en México, Centroamérica y norte de Sudamérica.

El género *Mappia* contiene cinco especies con distribución en regiones cálidas húmedas en México, Belice, Guatemala y Las Antillas Mayores. El género *Oecopetalum* está representado por dos especies en el sureste de México y Guatemala.

De éstas, los frutos de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & Thomps., cuya distribución está en el estado de Chiapas, y de manera específica en el municipio de Tapilula, son los que se emplearán para la presente investigación.

### Criterios de inclusión y exclusión.

Se incluyeron dentro de esta investigación, todas las semillas de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & Thomps, que se compren en el municipio de Tapilula, Chiapas; que estuvieron crudas y cuya apariencia externa no evidenció la presencia de hongos, o ruptura de la testa.

Fueron excluidas por lo consiguiente, todas las semillas que en la cáscara presentaron hongos o ruptura, además aquellas que una vez abiertas estuvieron secas o con hongos.

### **Variables.**

Fueron consideradas como dependiente el valor nutritivo de la semilla de cacaté, y como variables independientes los porcentajes proteína, minerales, humedad, fibra cruda, extracto etéreo, perfil de ácidos grasos.

### **Método de recolección de datos.**

El presente trabajo se realizó de manera experimental, en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de los Alimentos, de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, a través de los métodos siguientes:

### **Determinación del grado de acidez. Método 972.28 (AOAC, 1996)**

#### *Procedimiento.*

La determinación se efectuó en una muestra filtrada. Tomando la muestra, según el grado de acidez previsto, de acuerdo con el cuadro siguiente:

<b>Grado de acidez previsto</b>	<b>Peso de la muestra (en g)</b>	<b>Precisión de la pesada de la muestra (en g)</b>
<1	20	0,05
1 a 4	10	0,02
4 a 15	2,5	0,01
15 a 75	0,5	0,001
>75	0,1	0,0002

### *Determinación*

- Pesar la muestra en el matraz erlenmeyer
- Disolver la muestra en 50 a 150 ml de la mezcla de éter dietílico y etanol, previamente neutralizada.
- Valorar, agitando, con la disolución de hidróxido potásico de 0,1 M (Si la disolución se enturbia durante la valoración, añadir una cantidad suficiente de la mezcla de disolventes para que la disolución se aclare) hasta el viraje del indicador (la coloración rosa de la fenolftaleína debe permanecer al menos durante 10 segundos).
- Expresión de la acidez en porcentaje de ácido oleico
- La acidez, expresada en porcentaje de ácido oleico es igual a:

$$V_c = \frac{M \cdot 100}{1000 \cdot P} = \frac{V \cdot c \cdot M}{10 \cdot P}$$

siendo:

- V: volumen en ml de la disolución valorada de hidróxido potásico utilizada.
- c: concentración exacta, en moles por litro, de la disolución de hidróxido potásico utilizada.
- M: peso molecular del ácido en que se expresa el resultado (ácido oleico = 282)
- P: peso en gramos de la muestra utilizada

Se tomó como resultado la media aritmética de dos determinaciones.

### **Determinación del índice de peróxidos. Método 965.33. (AOAC, 1996)**

#### *Procedimiento.*

- La muestra se toma y almacena al abrigo de la luz manteniéndola refrigerada dentro de envases de vidrio totalmente llenos y herméticamente cerrados con tapones de vidrio esmerilado.

- El ensayo se realiza con luz natural difusa o con luz artificial. Pesando con precisión de 0,001 g en una navecilla de vidrio o, en su defecto, en un matraz, una cantidad de muestra en función del índice de peróxidos que se presuponga, con arreglo al cuadro siguiente:

<b>Índice de peróxidos que se supone</b> <b>(meq de O<sub>2</sub>/kg)</b>	<b>Peso de la muestra</b> <b>problema (g)</b>
de 0 a 12	de 5,0 a 2,0
de 12 a 20	de 2,0 a 1,2
de 20 a 30	de 1,2 a 0,8
de 30 a 50	de 0,8 a 0,5
de 50 a 90	de 0,5 a 0,3

- Abrir un matraz e introducir la navecilla de vidrio que contenga la muestra problema. Añadir 10 ml de cloroformo. Disolver rápidamente la muestra problema mediante agitación. Añadir 15 ml de ácido acético y, a continuación, 1 ml de solución de yoduro potásico. Cerrar rápidamente el matraz, agitar durante 1 minuto y mantenerlo en la oscuridad durante 5 minutos exactamente, a una temperatura comprendida entre 15 y 25°C.
- Añadir 75 ml aproximadamente de agua destilada. Valorar (agitando al mismo tiempo vigorosamente) el iodo liberado con la solución de tiosulfato sódico (solución 0,002 N si se presuponen valores inferiores a 12 y solución 0,01 N si se presuponen valores superiores a 12), utilizando la solución de almidón como indicador.
- Efectuar dos determinaciones por muestra.
- Realizar simultáneamente un ensayo en blanco. Si el resultado del ensayo en blanco sobrepasa 0,05 ml de la solución de tiosulfato sódico 0,01 N, sustituir los reactivos.

*Expresión de los resultados.*

El índice de peróxidos (IP), expresado en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$IP = \frac{V \cdot N \cdot 1000}{P}$$

Siendo:

- V: ml de solución valorada de tiosulfato sódico empleados en el ensayo, convenientemente corregidos para tener en cuenta el ensayo en blanco
- N: normalidad exacta de la solución de tiosulfato sódico empleada
- P: peso en gramos de la muestra problema.

### **Determinación del índice de Yodo. Método 993.20 (AOAC, 1996)**

*Preparación de la muestra que se utilizará.*

Secar la muestra homogeneizada con sulfato sódico y filtrarla.

Procedimiento.

El peso de la muestra varía en función del índice de yodo previsto, como se indica en el cuadro:

<b>Índice de yodo previsto</b>	<b>Peso de la muestra problema</b>
menos de 5	3,00 g
5 - 20	1,00 g
21 - 50	0,40 g
51 - 100	0,20 g
101 - 150	0,13 g
151 - 200	0,10 g

- Pesar la muestra problema con precisión de 0,1 mg en una navecilla cápsula de pesadas de vidrio.
- Introducir la muestra problema en un matraz de 500 ml. Añadir 20 ml del disolvente para disolver la grasa. Agregar exáctamente 25 ml del reactivo de Wijs, tapar el matraz, agitar el

contenido y colocar el matraz al abrigo de la luz. No deberá utilizarse la boca para pipetear el reactivo de Wijs.

- Preparar del mismo modo un ensayo en blanco con el disolvente y el reactivo, pero sin la muestra problema.
- Para las muestras con un índice de yodo inferior a 150, mantener los matraces en la oscuridad durante 1 hora; para las muestras con un índice de yodo superior a 150, así como en el caso de productos polimerizados o considerablemente oxidados, mantener en la oscuridad durante 2 horas.
- Una vez transcurrido el tiempo correspondiente, agregar a cada uno de los matraces 20 ml de solución de yoduro potásico y 150 ml de agua.
- Valorar con la disolución de tiosulfato sódico hasta que haya desaparecido casi totalmente el color amarillo producido por el yodo. Añadir unas gotas de engrudo de almidón y continuar la valoración hasta el momento preciso en que desaparezca el color azul después de una agitación muy intensa. (Se permite la determinación potenciométrica del punto final).
- Efectuar 2 determinaciones de la muestra problema.

Expresión de los resultados

El índice de yodo se expresa del siguiente modo:

$$I_{\text{yodo}} = \frac{12.69c (V_1 - V_2)}{P}$$

siendo:

- $c$  : valor numérico de la concentración exacta, expresada en moles por litro, de la solución volumétrica patrón de tiosulfato sódico utilizada
- $V_1$ : valor numérico del volumen, expresado en mililitros, de la solución de tiosulfato sódico utilizada para el ensayo en blanco.

- V2: valor numérico del volumen, expresado en mililitros, de la solución de tiosulfato sódico utilizada para la determinación.
- P: valor numérico del peso, expresado en gramos, de la muestra problema.

Se tomará como resultado la media aritmética de las dos determinaciones, siempre que se cumpla el requisito establecido con respecto a la repetibilidad.

**Humedad. Método de secado al vacío a 95-100°C (7.003, AOAC-1984).**

Procedimiento

- Pesar una muestra que contenga aproximadamente 2.0 g de materia seca (PM).
- Depositar la muestra dentro de un recipiente rectangular de papel aluminio, puesto previamente a peso constante (PRV).
- Introducir la muestra en la estufa, manteniendo ésta a 95-100°C bajo una presión < 100 mm Hg. por aproximadamente 5 horas, o hasta que el peso de la muestra sea constante (PMS).
- Cálculos:

% MATERIA SECA (MS)

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{PMS} - \text{PRV}}{\text{PM}} \times 100$$

PMS: incluye el PRV

% HUMEDAD (H)

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MS.}$$

**a. Minerales Totales (cenizas). Método 7.009 (AOAC- 1984)**

Procedimiento

- Los crisoles limpios e identificados son introducidos a la mufla.
- Subir la temperatura gradualmente hasta 550-600°C. Mantener esta temperatura por 2 horas o más.
- Retirar los crisoles calientes de la mufla y colocarlos en el desecador (cerrar el desecador cuando baje la temperatura de los crisoles). Esperar a que enfríen en el desecador cerrado y pesar los crisoles vacíos (PCV).
- Adicionar de 2 g de muestra (PM) en cada crisol y quemar la muestra sobre la parrilla hasta que no se libere más humo, cuidando que la muestra se carbonice lentamente para evitar el arrastre de partículas.
- Introducir los crisoles con la muestra parcialmente quemada en la mufla, y elevar gradualmente la temperatura hasta 550-600°C.
- Mantener la temperatura de la mufla hasta que las cenizas adquieran un color blanco o gris-blanco (aproximadamente 2 horas).
- Sacar los crisoles con ceniza de la mufla, enfriarlos en el desecador y pesarlos (PCC).
- Cálculos:

$$\% \text{ CENIZAS} = (\text{PCC} - \text{PCV}) \times 100 / \text{PM}$$

PCC: incluye el PCV

**b. Extracto etéreo (grasa cruda) Método 7.061-7.062 (AOAC, 1984).**

Procedimiento

- Pesar aproximadamente 2.0 g de muestra seca (PM) sobre un papel filtro (Whatman #2), y envolver evitando que se escape la harina (elaborar una especie de tubo con el papel; usar clips se es necesario).
- Depositar la muestra (envuelta) en el extractor del sistema Soxleht, cuidando que la altura de la muestra sea menor que la altura del sifón. Montar el sistema de extracción.

- Adicionar un volumen de disolvente equivalente a casi dos "sinfonadas", por la parte superior del extractor (200 ml).
- Los matraces para recuperación de la grasa deben ponerse previamente a paso constante (PMV), a 120°C por 4-5 horas (con perlas de ebullición).
- Extraer de 5 a 16 horas. La circulación de agua debe ser suficiente para evitar la evaporación del disolvente.
- Poner nuevamente a peso constante los matraces que contienen la grasa (PMG) o extracto.
- Calcular la grasa cruda o extracto etéreo con la formula:

$$\% EE = (PMG-PMV) \times 100 / PM$$

Depende del tipo de muestra. Al terminar la extracción el disolvente del extractor debe ser transparente si el extracto es coloreado. También, colectar una gota de disolvente del extractor sobre una tira de papel filtro y secarla a temperatura ambiente. Si permanece una mancha grasosa, proseguir la extracción.

### **c. Fibra cruda. Método de Van de Kamer and Van Ginkel, 1952**

#### Procedimiento

- Moler la muestra hasta un tamaño de partícula de aproximadamente 0.6 mm de diámetro.
- Pesar aproximadamente 1.0 gramo de muestra molida y desengrasada (PM).
- Transferir la muestra a un matraz balón de fondo plano de 250 ml de capacidad y adicionar 30 ml o menos de reactivo S-K precalentado a punto de ebullición; adicionar también un agitador magnético. En otro caso, agitar manualmente cada 5 minutos.
- Instalar un sistema de reflujo.
- Llevar el contenido del matraz a ebullición lo más rápido posible.
- Hervir por exactamente 30 minutos.
- Filtrar en caliente a través de un filtro con fondo de vidrio poroso, de poro mediano (puesto previamente a peso constante = PF<sub>1</sub>) o a través del embudo Buchner con papel filtro de peso constante (PP).
- Lavar el residuo con agua caliente.

- Lavar nuevamente el residuo con acetona (hasta decoloración).
- Poner a peso constante el filtro (PF<sup>2</sup>) o el papel filtro con fibra (PPf).
- Calcular la fibra cruda con la formula:

$$\% \text{ Fibra} = (\text{PF}_2 - \text{PF}_1) \times 100 / \text{PM} \quad \text{o} \quad \% \text{ Fibra} = (\text{PP}_f - \text{PP}) \times 100 / \text{PM}$$

**d. Proteína Cruda. Método microKjeldahl (47.021-47.023, AOAC, 1984).**

No aplicable a materiales que contienen enlaces N-N o N-O.

Procedimiento

- Moler o triturar la muestra (fresca o seca, hasta malla 100)
- Pesar una cantidad de muestra de tal manera que requiera de 3 a 10 ml de HCl 0.02-0.05 N (5 a 100 mg). Si el peso de la muestra es < 10 mg usar una balanza microquímica. Depositar en matraz de 30 ml.
- Agregar 2.0 g de catalizador microKjeldahl (1.9 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 40 mg H<sub>2</sub>O) y 2.0 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Si el peso de la muestra es > 15 mg, agregar 0.1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por cada 10 mg de materia orgánica seca arriba de 15 mg.
- Adicionar perlas de ebullición (opcional) y digerir la muestra de 1 a 1.5 horas después de que toda el agua ha sido evaporada y el ácido inicia su ebullición. Evitar proyección del material al inicio de la digestión.
- Enfriar y adicionar poca agua para disolver los sólidos.
- Transferir la solución al aparato de destilación y lavar el matraz de 5 a 6 veces con porciones de agua de 1-2 ml.
- Colocar un matraz de 125 ó 250 ml con 5 ml de ácido bórico y 2-4 gotas de indicador bajo el extremo del condensador, cuidando que el extremo de éste (un tramo de manguera) quede sumergido en la solución de ácido bórico.
- Agregar al sistema de destilación, 8-10 ml de solución de sosa-tiosulfato y empezar la operación.
- Colectar 15 ml de destilado (ó más), y diluir a aproximadamente 50 ml.
- Titular el destilado con HCl 0.02-0.05 N hasta la aparición de un color violeta (si se utiliza el indicador RM/VBC). Correr un blanco.

- Calcular la proteína cruda con la formula:

$$\% \text{ N total} = (14.007) (V_m - V_b) (N) \times 100 / \text{PM}$$

Donde:

$V_m$  = Volumen de HCl gastado en la titulación de la muestra.

$V_b$  = Volumen de HCl gastado en la titulación del blanco.

N = Normalidad de ácido clorhídrico.

PM = Peso de la muestra, en mg

% PROTEINA CRUDA

% PC = % N total x factor.

**Tabla 3:** Factores de conversión para proteína cruda de diversos alimentos.

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>FACTOR</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>FACTOR</b>
Trigo (harina blanca)	5.83	Soya	5.71
Trigo (otras harinas)	5.70	Nueces	5.41
Macarrones	5.70	Almendras	5.18
Salvado	6.31	Otras Nueces	5.30
Arroz	5.95	Lácteos	6.38
Cebada, avena, centeno.	5.83	Gelatina	5.55
Maíz	6.25	Otros alimentos	6.25

Fuente: Egan y col. (1987)

Otros factores según Heidelbaugh et al. (1975), por grupo de alimentos son:

Carne, huevos, frutas, vegetales y semillas de leguminosas....	6.25
Leche y quesos.....	6.38
Productos de panadería.....	5.70
Cacahuates.....	5.46
Nueces.....	5.30

i. **EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO [ELN] O CARBOHIDRATOS  
TOTALES**

El ELN se calcula por diferencia de 100:

$$\text{ELN} = 100 - (\%H + \%PC + \%EE + \%C + \%FC).$$

## PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis proximal del aceite crudo obtenido en el laboratorio de alimentos de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, como del análisis de ácidos grasos efectuado en el Departamento de Bromatología y Nutrición de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

### 1. Análisis físicos y químicos proximal de la semilla de cacaté.

La tabla 4, presenta información respecto al análisis proximal del fruto fresco de cacaté (Figura 3 y 4) el cual en promedio fue de 3.8 g, con un porción comestible de 53%. La proporción de humedad fue de 52.3 % el de materia seca de 47.4 % y el pH de 5. La materia seca del grano (Figura 5) sin cáscara es rica en aceite (Figura 6), encontrado un 35% de dicho parámetro.



**Figura 3. Fruto del cacaté.**  
Fuente: Archivo personal.



**Figura 4. Fruto fresco del cacaté.**  
Fuente: Archivo personal.



**Figura 5. Fruto de cacaté deshidratado**  
Fuente: Archivo personal.



**Figura 6. Aceite crudo de cacaté.**  
Fuente: Archivo personal.

Se puede apreciar de igual manera el porcentaje de fibra cruda, cenizas carbohidratos y proteína fue de 4.15, 3.15, 44.50 y 13.20 respectivamente en la Tabla 4, en cuanto al valor obtenido de la proteína de 13.24 %, es superior al reportado por Carballo (1996) y citado por Lazcurain (2012). La energía metabolizable calculada con base a los factores de Atwater fue de 5.46 Kcal/g.

**Tabla 4. Composición del fruto del cacaté, parámetros físicos y su análisis proximal.**

<b>Nombre Común</b>	<b>Cacaté, Cachichín</b>
<b>Nombre científico</b>	<i>Oecapetalum mexicanum Greenm y Thomps</i>
<b>Textura</b>	Líquida
<b>Olor</b>	Característico
<b>Sabor</b>	Cacaté
<b>Densidad</b>	0.93972 g/ ml
<b>Color</b>	Amarillo
<b>Contenido de humedad</b>	52.6 g/100
<b>Porción comestible seca</b>	47.4 g/100
<b>pH</b>	5
<b>Peso del futo fresco</b>	3.8 g
<b>Composición química proximal en base seca</b>	
<b>Proteína Cruda</b>	13.24 g/100
<b>Extracto etéreo</b>	35.00 g/100
<b>Fibra cruda</b>	4.15 g/100
<b>Cenizas</b>	3.15 g/100
<b>Carbohidratos</b>	44.46 g/100
<b>Energía metabolizable</b>	5.46 Kcal/gr

Fuente Laboratorio de Análisis de los Alimentos, de la Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos.

Hernández, et al (2008) (Tabla 5) reporta para el cacahuate variedad Ocozocoautla los siguientes valores 34.38% de lípidos, 43.97% de proteínas y 2.22% de cenizas, siendo el cacaté ligeramente superior en los valores de lípidos (35.0%) y cenizas (3.15%) y bajo respecto al de proteínas (13.24%), asimismo por debajo del valor de proteína y lípidos de la variedad Criollo Ocozocoautla Mor. (42.28% lípidos y 52.89%)

**Tabla 5. Comparación cacaté y cacahuate.**

Muestra	% Lípidos	% Proteínas	% Cenizas
Cacahuate Criollo Ocozocoautla Mor.	42.28	52.89	2.41
Ocozocoautla	34.38	43.97	2.22
Cacaté	35.00	13.24	3.15

Con respecto a los granos básicos, Miranda (2015) reporta los siguientes valores de grasas para: arroz 0.42%, Frijol 1.62%, maíz 6.58% y café 10.03%, siendo el cacaté superior a ellos con 35%. Respecto a las proteínas los valores son: arroz 6.29%, frijol 23.87%, maíz 8.80% y café 14.55%, el cacaté es superior al arroz y maíz con 13.24% (Tabla 6).

**Tabla 6. Composición proximal de harinas de granos básicos y el cacaté.**

Alimento	Cenizas %	Grasas %	Proteínas %
Arroz	0.27	0.42	6.29
Frijol	3.41	1.62	23.87
Maíz	1.94	6.58	8.80
Café	4.34	10.03	14.55
Cacaté	3.15	35.00	13.24

Con base a la tabla de valores de análisis proximal de los alimentos reportada por la FAO para leguminosas, el cacaté presenta un mayor contenido de lípidos (35%) respecto al frijol (1.8%), garbanzo (6.2%), haba seca (2.2%) y lenteja (1.6%); pero un valor inferior en cuanto a proteínas y carbohidratos frente a dichas leguminosas (Tabla 7) .

**Tabla 7. Composición proximal del cacaté y oleaginosas reportadas por la FAO.**

Oleaginosas	Nombre científico	Parte aprovechable	Proteínas %	Grasas %	Hidratos de carbono %
Ajonjolí	<i>Sesamum indicum</i>	Semilla	14.9	52.2	21.1
Cacahuete	<i>Arachis hypogea</i>	Fruto	27.6	46.7	20.9
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	Semilla	25.4	51.3	13.6
Nuez de Castilla	<i>Parietaria spp.</i>	Fruto	13.7	67.2	13.2
Piñón	<i>Pinus cembroides</i>	Fruto	15.3	61.3	16.8
Semilla de Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i>	Semilla	30.3	45.8	14.4
cacaté	<i>Oecapetalum mexicanun G.</i>	fruto	13.24	35	44.46

Con referencia a las oleaginosas reportadas por la FAO, el cacaté presenta un valor superior de carbohidratos con 44.46%, en referencia al del ajonjolí (21.1%), cacahuete (20.9%), piñón (16.8%), calabaza (14.4%), girasol (13.6%) y nuez de castilla (13.2%). En lo referente a las proteínas el cacaté (13.24%) presenta valores cercanos al piñón (15.3), ajonjolí (14.9%) y nuez de castilla (13.7%). Respecto al valor de lípidos el cacaté (35%) se encuentra por debajo de las oleaginosas antes citadas (Tabla 8).

**Tabla 8. Composición proximal del cacaté y leguminosas reportadas por la FAO.**

Leguminosas	Nombre científico	Parte aprovechable	Proteínas %	Grasas %	Hidratos de carbono %
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Semilla, fruto	19.2	1.8	61.5
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	Semilla	20.4	6.2	61.0
Haba seca	<i>Vicia faba</i>	Semilla	22.6	2.2	63.1
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	Semilla	22.7	1.6	58.7
Cacate	<i>Oecapetalum mexicanun G.</i>	Fruto	13.24	35	44.46

**Tabla 9. Análisis proximal de cacaté, cereales, leguminosas y oleaginosas (g/100 g).**

<b>Grano</b>	<b>Proteína cruda</b>	<b>Aceite</b>	<b>Carbohidratos</b>	<b>Fibra cruda</b>	<b>cenizas</b>
<b>Cereales*</b>	9.00	<b>5.00</b>	75.00	8.00	3.00
<b>Leguminosas*</b>	22.00	<b>5.00</b>	55.00	10.00	8.00
<b>Oleaginosas*</b>	35.00	<b>25.00</b>	25.00	9.00	6.00
<b>Cacaté</b>	<b>13.24</b>	<b>35.00</b>	<b>44.46</b>	<b>4.15</b>	<b>3.15</b>

**\*Briseño y Navas (2005).**

En la Tabla 9, se compara el análisis proximal de los frutos de cacaté y los datos reportados por Briseño y Navas (2005) de cereales, leguminosas y oleaginosas de manera general. En ellas se puede apreciar que en el caso de la proteína cruda, el cacaté supera a los cereales, pero se encuentra por debajo de las leguminosas y oleaginosas. En el parámetro de aceite, el cacaté supera por 20% a los cereales y leguminosas y con 10% a las oleaginosas. Con referencia de las cenizas, el cacaté se encuentra ligeramente por encima de los cereales, pero por debajo de las leguminosas y de las oleaginosas. En cuanto a la fibra cruda se encuentra por debajo de las leguminosas oleaginosas y cereales. En relación a los carbohidratos el cacaté se ubica por debajo de los cereales y leguminosas, pero casi duplica en porcentaje a las oleaginosas.

En la Tabla 10, se compara el análisis proximal de leguminosas específicas, según los datos reportados por Briseño y Navas (2005), tales como frijol común, garbanzo, haba, lenteja y soya. Se puede apreciar que en el caso de las proteínas el cacaté se encuentra por debajo frijol común, haba, lenteja, soya y cacahuete, pero cerca del garbanzo. En lo que respecta a los carbohidratos el cacaté se encuentra por debajo de los valores del frijol común, garbanzo, haba y lenteja, pero superior al del cacahuete y soya. En cuanto a la fibra el cacaté es superado por los valores de soya y la haba; parecidos al frijol común y cacahuete pero superiores al garbanzo

y lenteja. En el parámetro de lípidos, el cacaté solo se encuentra por debajo del cacahuete, pero supera en más de 18% al frijol común, garbanzo, haba y soya.

**Tabla 10. Comparativo del valor nutritivo del cacaté y algunas leguminosas, (por 100 gr en crudo).**

Alimento	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Lípidos (%)
Frijol común*	22.1	61.4	4.1	1.6
Garbanzo*	18.2	61.1	3.4	6.2
Haba*	24.0	58.2	5.9	2.2
Lenteja*	23.7	60.7	3.2	1.3
Soya*	33.4	35.5	5.7	16.4
Cacahuete*	25.5	21.3	4.3	44.0
<b>Cacaté</b>	<b>13.24</b>	<b>44.46</b>	<b>4.15</b>	<b>35.00</b>

\*Briseño y Navas, 2005.

**Tabla 11. Comparativo del valor nutritivo del cacaté y algunas oleaginosas, (por 100 gr en crudo).**

Alimento	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)
Ajonjolí	6.30	24.05	18.08	50.87
Almendra	7.20	21.67	21.22	49.42
Cacahuete tostado	5.10	25.35	17.30	51.45
Semilla de girasol	7.70	20.00	20.78	51.46
Semilla de calabaza	2.60	13.43	32.97	42.13
<b>Cacaté</b>	<b>4.15</b>	<b>44.46</b>	<b>13.24</b>	<b>35.00</b>

Muñoz, 2009.

La tabla 11, compara los resultados de los valores proximales de oleaginosas reportados por Muñoz (2009) y los del cacaté. En cuanto a los valores de la fibra, el ajonjolí (6.30%), almendra (7.20%), cacahuete tostado (5.10%) y semilla de girasol (7.20%) tienen un valor

superior al de cacaté (4.15%), el cual solo supera al de la semilla de calabaza (2.60%). De los valores de carbohidratos el cacaté (44.46%) casi duplica el valor reportado para ajonjolí (24.05%), almendra (21.67%), cacahuete tostado (25.35%), semilla de girasol (20%) y semilla de calabaza (13.43%). En el rubro de las proteínas el valor obtenido del cacaté (13.24%) es inferior a los reportados para ajonjolí (18.08%), almendra (21.22%), cacahuete tostado (17.30%), semilla de girasol (20.70%) y semilla de calabaza (32.97%). El cacaté reporta un valor de 35.0% para el parámetro de lípidos, el cual es inferior a los indicados por Muñóz para el ajonjolí (50.87%), almendra (49.42%), cacahuete tostado (51.45%), semilla de girasol (51.46%) y semilla de calabaza (42.13%).

## 2. Análisis Físico-químico del aceite de cacaté

Respecto análisis fisicoquímico del aceite, la Figura 7 muestra el proceso de extracción del aceite utilizado, y en la Tabla 12 se comparan algunos parámetros fisicoquímicos del aceite respecto al trabajo presentado por Ballinas et al (1999), sin encontrar diferencias significativas para la densidad, índice de acidez e índice de saponificación.

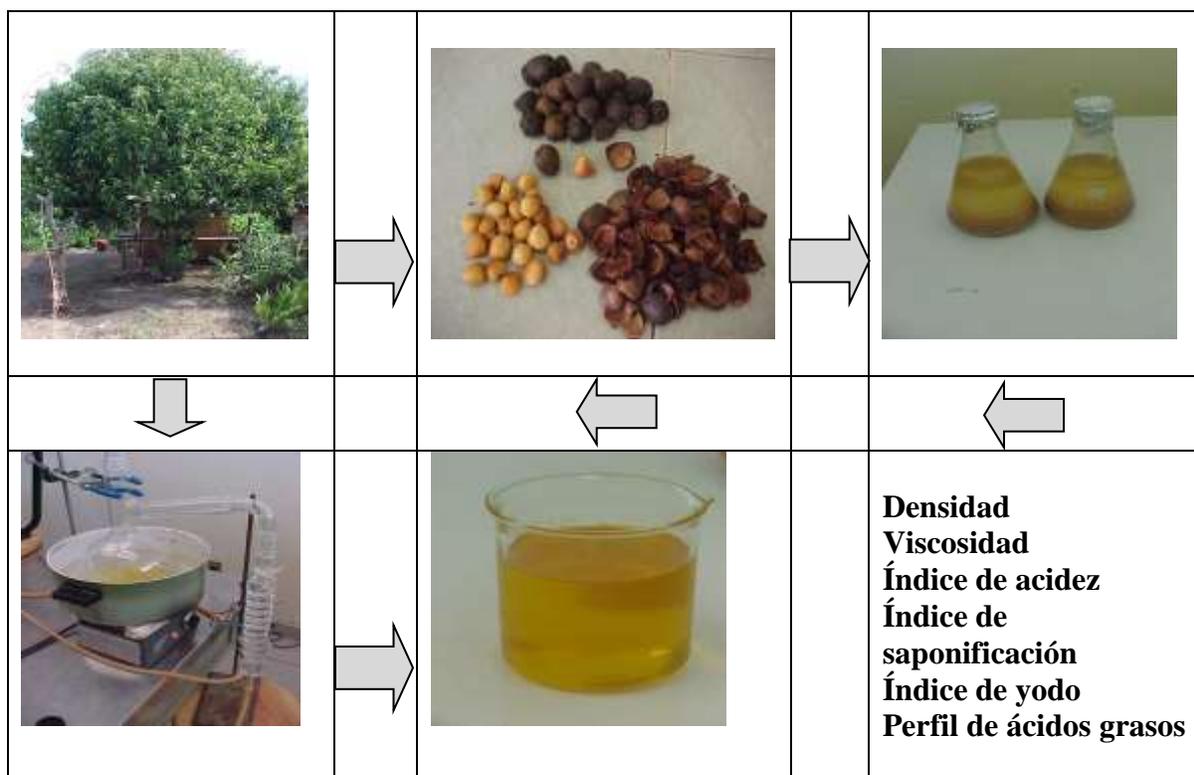


Figura 7. Proceso de obtención de aceite de cacaté.

**Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos del aceite de cacaté**

Parámetro	Valor promedio	Valor promedio*	Desviación estándar
Densidad, 24 °C	0.93972 g/ ml	0.930	0.01589
Índice de acidez	2.58253	3.24	0.02792
Ácidos grasos libres	18.20680 %		0.19681
Índice de saponificación	173.60647	210	2.09719
Índice de peróxidos		34.667	
Materia insaponificable		1.53 %	

\* Ballinas et al. (1999).

La Tabla 13 presenta las características físico-químicas del aceite de cacaté y otros aceites de consumo usual. Los datos que se muestran en esta tabla son muy similares en general a los mismos datos que presentan otros aceites comestibles comerciales como los de soya, girasol y maíz.

**Tabla 13. Comparación de las características físico-químicas de diferentes aceites.**

Tipo de aceite	Densidad a 24-25 °C (g/ml)	Índice de acidez (% ácido oleico)	Índice de saponificación (gKOH/Kg)	Índice de Yodo (gI <sub>2</sub> /100 g)	Ácidos grasos libres (%)	Índice de peróxido	Material insaponificable
<b>Cacaté</b>	<b>0.9397</b>	<b>2.582</b>	<b>173.606</b>	<b>60.23</b>	<b>18.206</b>	<b>34.667</b>	<b>1.53</b>
Soya <sup>1</sup>	0.915-0.925	1.0	187-197	125-140			
Maíz <sup>1</sup>	0.914-0.921	1.0	187-193	115-124			
Oliva <sup>1</sup>	0.910-0.916	3.3	182-193	80			

<sup>1</sup> Briseño y Navas (2005).

**Tabla 14. Características fisicoquímicas de diferentes aceites.**

Alimento	Densidad a 24-25° C g/ml	Índice de acidez % ac. oléico	Índice de saponificación gKOH/Kg	Índice de Yodo gI <sub>2</sub> /100g	Ácidos grasos libres %
<b>Cacaté</b>	<b>0.93972</b>	<b>2.58253</b>	<b>173.60647</b>	<b>60.23</b>	<b>18.20680</b>
Cacaté <sup>1</sup>		2.5	170.50	48.56	0.30
Soya <sup>2</sup>	0.919		192 mg/kg	130 mg/kg	0.5
Ajonjolí <sup>2</sup>	1.917		191 mg/kg	110 mg/kg	**
Maíz <sup>2</sup>	0.917		190 mg/kg	117.2 mg/kg	1.5

1. Hernandez, G. *et al* (2013).

2. Ortega Nieblas *et al* (1993).

**Tabla 15. Comparación del análisis físico químico de los aceites de cacaté, oliva y aguacate.**

Alimento	Densidad a 24-25° C g/ml	Índice de acidez % ac. oléico	Índice de saponificación mgKOH/Kg	Índice de Yodo gI <sub>2</sub> /100g	Ácidos grasos libres %
<b>Cacaté</b>	<b>0.93972</b>	<b>2.58253</b>	<b>173.60647</b>	<b>60.23</b>	<b>18.20680</b>
Oliva <sup>1</sup>	0.910-0.916	3.3	182-193	80	
Aguacate <sup>2</sup>		0.38	195.55	80.98	

1. Hernandez, G. *et al* (2013).

2. Yepes, *et al*, (2017).

En la tabla 16, se puede apreciar la comparación de cacaté con los datos proporcionados por Luz María Paucar-Menacho y colaboradores (2015), en la cual se puede observar para el caso de la densidad, datos parecidos para el cacaté (0.9397) y el pescado marino (0.9308), pero ligeramente inferior para sacha inchi (0.9183) y oliva (0.9252); para Manawwer y Naser (2014) la densidad de un aceite es el producto de la densidad por el porcentaje presente en la mezcla de cada uno. %); según Conchillo et al. (2006) una de las principales diferencias entre el aceite

de pescado y aceite vegetales es la desigualdad en la proporción de los ácidos grasos de cadena larga (20-22 carbonos) con un extenso número de insaturaciones (5-6 dobles enlaces) (Graciani, 2006), entre estos ácidos se encuentra el Omega-3 (Valenzuela et al., 2014). Respecto al índice de acidez el cacaté presente valor superior (2.5825%) respecto al del sachá inchi (1.08%), oliva (1.14%) y pescado marino (1.561%). Índice de acidez (IA) es considerado como uno de los principales parámetros que reflejan la calidad de los aceites vegetales, el grado de refinación, así como el cambio de calidad durante el almacenamiento (Hui, 1996; Osawa et al., 2007; Tasan et al., 2011). El valor obtenido para el cacate (2.58%) puede considerarse elevado, ya que no ha pasado por el proceso de refinado que produzca un aceite comestible con las características deseadas por los consumidores, como sabor y olor suaves, aspecto limpio, color claro, estabilidad frente a la oxidación e idoneidad para freír, tal como el desgomado, adición de ácido cítrico o fosfórico, neutralización de ácidos grasos libres, blanqueo y desodorización. El bajo índice de Iodo del cacaté (13.24%) respecto al sachá inchi (59.4%), oliva (56.15%) y pescado marino (64.45%) nos indica una baja cantidad de insaturaciones.

**Tabla 16. Comparativo de características físico químicas del aceite de cacaté, sachá incha, oliva y pescado.**

<b>Aceite</b>	<b>Densidad a 24-25° C g/ml</b>	<b>Índice de acidez % ac. oléico</b>	<b>Índice de Yodo gI<sub>2</sub>/100g</b>
<b>Cacaté</b>	<b>0.93972</b>	<b>2.58253</b>	<b>60.23</b>
<b>Sachá inchi</b>	0.9183	1.08	59.4
<b>Oliva</b>	0.9252	1.14	56.15
<b>Pescado marino</b>	0.9308	1.561	64.45

Paucar, *et al* (2015).

El perfil de ácidos grasos (Tabla 17) proporciona definitivamente la diferencia en valor nutricional de este aceite, muy especialmente en relación al contenido de ácidos grasos insaturados. Como se puede apreciar los valores de ácido palmítico del aguacate, es muy cercano (21.51%) al que se obtuvo del cacaté (22.5-25.8%), y éste supera ampliamente al de los aceites de girasol (3.6%), maíz (7.8%) y soya (11%). En cuanto al rubro del ácido graso esteárico el rango obtenido para

el cacaté de 9.2-9.7 %, supera los reportados por Briseño y Navas (2005) para los aceites de aguacate (0.4806%) y girasol (2.9%) y, a los reportados por Ortega y Vázquez (1993) para los aceites de soya (4.0%) y maíz (3.6%). En cuanto al ácido graso Linoléico 18:2  $\Omega$ -6, el rango obtenido para el cacaté (49.9-53.4%) es muy parecido al reportado por Ortega y Vázquez (1993) para la soya (50%) y superior a la del maíz (41.7%). Ortega y Vázquez (1993) en este mismo rubro, reportan valor superior para el aceite de girasol (57.1%) e inferior para el aguacate (12.87%) respecto al obtenido para el cacaté (49.9-53.4%)

**Tabla 17. Perfil de ácidos grasos del aceite de cacaté y aceites comerciales\*.**

<b>�cido graso</b>	<b>g / 100 g</b>					
<b>Saturados:</b>	Cacaté	Soya <sup>1</sup>	Maíz <sup>1</sup>	Oliva <sup>1</sup>	Aguacate <sup>2</sup>	Girasol <sup>2</sup>
16:0		10.5	11.8	9.4		
18:0		0.3	9.4	2.6		
Palmítico	22.5-25.8	11 % <sup>2</sup>	7.8 % <sup>2</sup>		21.5194	3.6 %
Esteárico	9.2-9.7	4.0 % <sup>2</sup>	3.6 % <sup>2</sup>		0.4806	2.9 %
<b>Insaturados:</b>						
16:1		nd	nd	0.3		
<b>18:1</b>						
<b>Oleico</b>	7.1-7.2	28 % <sup>2</sup>	46.3 % <sup>2</sup>		53.2511	34 %
<b>Vaccénico</b>	4.4-4.5					
<b>Linoléico 18:2 <math>\Omega</math>-6</b>	49.9-53.4	50 % <sup>2</sup>	41.7 % <sup>2</sup>		12.8726	57.1 %
<b><math>\alpha</math>-linolénico</b>	1.7-2.4					
<b><math>\gamma</math>-linolénico 18:3 <math>\Omega</math>-6</b>		79.0 8 % <sup>2</sup>	76.7 0.8 % <sup>2</sup>	5.9 +	0.7599	0.2 %
<b>Otros</b>	0.9-1.2					

1. Briseño y Navas, 2005

2. Ortega Nieblas y Vázquez Moreno (1993)

## CONCLUSIÓN.

Con base a los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- En comunidades muy marginadas, el cacaté con 35 % de aceite, puede ser una buena alternativa alimentaria por el aporte energético que esto representa.
- El porcentaje de lípidos del cacaté es muy similar al del cacahuate variedad Ocozocuatla.
- El porcentaje lipídico del cacaté (35%) es superior al reportado por Miranda (2015) para los granos básicos: arroz (0.42%), frijol (1.62%), Maíz (6.58%) y café (10.03%).  
En cuanto a la proteína el cacaté supera en porcentaje (13.24%) al arroz (6.29%) y al maíz (8.80%).
- Respecto al trabajo de Briseño y Navas, el cacaté presenta un porcentaje superior en el rubro de lípidos (35.00%) al de los cereales (5%), leguminosas (5%) y oleaginosas (25%) en general.
- Comparado con los datos presentados por la FAO, el cacaté presenta una mayor cantidad de grasas (35%) que la lenteja (1.6%), el frijol (1.8%), haba seca (2.2%) y garbanzo (6.2%).
- En lo referente a porcentaje de ácido oleico (índice de acidez) el aceite de cacaté (2.5825%) supera al de soya (1.0%), maíz (1.0%) y siendo muy similar al del aceite de oliva (3.3%), pero superior al del aceite de aguacate (0.38%).
- La cantidad de ácido palmítico del cacaté (22.5-25.8%) es ligeramente superior al del aguacate (21.51%) y muy superior al del maíz (7.8%) y soya (11%).
- El ácido linoleico 18:2 del cacaté (49.9-53.4%) es superior al del aguacate (12.87%) y maíz (41.7%), pero dentro del rango del aceite de soya (50%).

## **PROPUESTAS.**

- Luego de realizar la extracción de aceite de la harina de cacaté, se obtiene una pasta residual que tendría un alto valor proteínico (más de 20 %), por tanto, resulta interesante realizar estudios de la calidad de esta proteína (digestibilidad y perfil de aminoácidos).
- Derivado de las conclusiones, se deben hacer estudios de factibilidad en el cambio de uso de suelo del cacaté, para dejar de ser empleada como sombra de plantaciones de café, y ser ahora generadora de cultivos específicos para producción de aceite, contribuyendo no solo a la mejora energética nutricional de los pobladores, sino también una inversión que genere empleos y a su vez una derrama económico en la zona.

## REFERENCIAS DOCUMENTALES

1. *Aceites esenciales de determinación de la densidad relativa a 200°C.* (2004). N-I. Editor.
2. Anderson Vázquez, H. E., Cabrera Soraly, L. R., & González Inciarte, L. C. (2009). Efecto del consumo de aguacate (Persea Americana Mill) sobre el perfil lipídico en adultos con dislipidemia. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 22 (2), 84-89.
3. Berbel, R. (2010). *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*, Tesis de grado para optar por el grado de Ingeniero Químico. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
4. Betancur, D., & Sánchez Giraldo, L. y. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (Persea americana Mill. cv. Hass). *Informador Técnico*, 81, 75.
5. Borgstrom, B. (1974). *Biomembranes.* (Vol. Vol. 4b). New York, N.Y: Plenum Press.
6. Bourre, J., Francois, M., Youyou, A., Dumont, O., Piciotti, M., Pascal, G., y otros. (1989). *The effects of dietary alpha-linolenic acid on the composition of nerve membranes, enzymatic activity, amplitude of electrophysiological parameters, resistance to poisons and performance of learning tasks in rats* (Vol. 119 12). *Journal of Nutrition*.
7. Brenner, R. (1989). *Factors influencing fatty acid chain elongation and desaturation, in the role of fats in human nutrition.* (2nd ed.). (A. V. Crawford, Ed.) London: Academic Press.
8. Brenner, R. (1990). *Endocrine control of fatty acid desaturation* (Vol. 18). Biochemical Society Transactions.

9. Carballo, A. (1996). *Análisis físicoquímico de alimentos e identificación de tóxicos de Oecopetalum mexicanum ("cachichín") y Dioon spinulosum ("chicalito")*. Tesis de licenciatura. Xalapa: Universidad Veracruzana.
10. Conchillo, A., Valencia, I., Puente, A., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2006). Componentes funcionales en aceites de pescado y de alga. *Nutrición Hospitalaria*, 21(3), 369-373.
11. D. Leung, X., & Wu Leung, M. K. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl. Energy*, 87, 1083–1095.
12. Den Hartog, A. D.-1.-3. (1992). Dietary change and industrialization: the making of the modern Dutch diet (1850-1985). *Ecology of Food and Nutrition*, Vol 27, 307-31.
13. Díaz Domínguez, Y., Susana, R. M., Ferrer Serrano, M., & Fernández Santana, E. y. (2014). *Potencial de la Moringa oleífera para la obtención de biodiesel*. Habana: ISBN: 978-959-234-095-4, 2014, Habana: IDICT.
14. *Edoc. site.* (s.f.). Recuperado el 01 de febrero de 2019, de <https://edoc.site/queue/determinacion-del-indice-de-yodo-y-peroxido-en-aceites-pdf-free.html>
15. *Edoc.site.* (s.f.). Recuperado el 01 de febrero de 2019, de <https://edoc.site/queue/indice-de-yodo-4-pdf-free.html>
16. Emken, E., Adolf, R., Rohwedden, W., & and Gulley, R. (1992). Comparison of linoleic and linolenic metabolism in men. Influence of dietary linoleic acid. *Essential Fatty Acids and Eicosanoids*. (I. A. Gibson, Ed.) *American oil*, pp 23-25.

17. F.A.O. (1993). *Capítulo 4 - Tendencias globales sobre la disponibilidad de los aceites y grasas comestibles*. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de [www.fao.org](http://www.fao.org): <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s08.htm#cap%C3%ADtulo%204%20%20%20tendencias%20globales%20sobre%20la%20disponibilidad%20de%20los%20aceites%20y>  
<http://www.fao.org/3/V4700S/v4700s08.htm>
  
18. F.A.O. (s.f.). *Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables en la planificación y desarrollo de la acuicultura en México*. Recuperado el 20 de enero de 2019, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB461S/AB461S06.htm> **Fecha de publicación original 1988**
  
19. F.A.O. (1999). *Codex Alimentarius, Codex Stan 210-1999*. Recuperado el 6 de Enero de 2019, de [www.fao.org](http://www.fao.org) de [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B210-1999%252FCXS\\_210s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%252FBSTAN%252B210-1999%252FCXS_210s.pdf)
  
20. Ferrer Candida, L. P. (2014). *Moringa un árbol de múltiples usos*. (Vols. ISBN: 978-980-7694-00-1. [www.cuba.cu/PRADERA](http://www.cuba.cu/PRADERA)). Edición de Fundación Bolívar y Martí.
  
21. Fulgoni, V. L., Dreher, M., & Davenport, A. J. (2013). Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001–2008. *Nutrition Journal*, 12(1).
  
22. Galli, C., Agradi, E., & Paoletti, R. (1974). The n-6 pentaene/n-3 hexaene fatty acid ratio as an index of linolenic acid deficiency. *Biochimica et Biophysica, Acta*. 369, 142-145.
  
23. Gonzalvo, S., Nieves, V., Ly, J., & Macías, M. (2001). *Algunos aspectos del valor nutritivo de alimentos venezolanos destinados a animales monogástricos*. (L. R. Developmen, Ed.) Recuperado el 20 de Noviembre de 2018, de <http://www.lrrd.org/lrrd13/2/gonz132.h>

24. Graciani, E. (2006). *Los aceites y grasas: composición y propiedades*. Madrid: AMV Ed. y Mundi-Prensa.
  
25. Gutiérrez, B., Sosa, V., & Gómez-Pompa, A. (1994). «*Icacinaceae*.» (Vol. Fascículo No. 80 Flora de Veracruz). Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A.C. y University of California.
  
26. Hansen, A., Wiese, H., Boelsche, A., Haggard, M., Adam, D., & and Davies, H. (1963). Role of linoleic acid in infant nutrition. Clinical and chemical study of 428 infants fed on milk mixtures varying in kind and amount of fat. *Pediatrics*, *31*, 171-192.
  
27. Hernández Luna, P., Torres, J. I., Veloz, C. S., Moreno, A. O., & Escobedo., R. H. (2008). *Caracterización Físicoquímica del aceite de algunas variedades de cacahuate criollo*. *Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. (e. h. Consultado el 20 de enero de 2019, Ed.) Recuperado el 20 de enero de 2019, de <http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/chiapas/cd/Alimentos%5CExtensos%5C456288.pdf>
  
28. Hernández, B., Luna, G., García, O., Mendoza, M., Azuara, E., Beristaín, C., y otros. (Mayo de 2013). Extraction and characterization of *Oecopetalum mexicanum* seed oil . (E. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669012003913>, Ed.) *Industrial Crops and Products*, *43*, 355-359.
  
29. Hernández, Y. (2013). *Utilización del aceite vegetal usado como combustible*. *Tesis de grado para optar por el grado de Ingeniero Químico*. La Habana.: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.
  
30. Holman, R. (1970). Biochemical activities of and requirements for polyunsaturated fatty acids. *Progress in Chemical Fats and Lipids*( 9), 607-87.

31. Holman, R., & Johnson, S. (1981). Changes in essential fatty acid profile of serum phospholipids in human disease. *Progress in Lipid Research*(20), 67-73.
32. INCAP. (2001). *Situación de la seguridad alimentaria y nutricional en CentroAmérica de cara al siglo XXI*. Guatemala: INCAP/OPS.
33. Knothe, G., & Krahl, J. y. ((2010)). *The Biodiesel Handbook*. (2nd Edition ed., Vols. eBook ISBN: 9780983507260, en <https://www.elsevier.com/books/the-biodiesel-handbook/knothe/978-1-893997-62-2>). Illinois: Academic Press and AOCS Press.
34. Lands, W., Inoue, M., Y, S., & Okuyama, H. (1982). Selective incorporation of polyunsaturated fatty acids into phosphatidylcholine by rat liver microsomes. *Journal of Biological Chemistry*(237), 14968-72.
35. Luna, P. H., Torres, J. I., Veloz, C. S., Moreno, A. O., & Escobedo., R. H. (2008). *Caracterización Físicoquímica del aceite de algunas variedades de cacahuete criollo*.
36. Ma, F., Clements, L., & MA, H. (1998). *Biodiesel fuel from animal fat. Ancillary studies on transesterification of beef tallow* (Vol. 37). Industrial & Engineering Chemistry Research.
37. Manawwer, A., & Naser, M. (2014). Corn oil based polyether amide urethane coatingmaterial—Synthesis, characterization and coating properties. *Industrial Crops and Products* , 57, 17–28.
38. MC., C. (2006). *Un aliado para la salud y la belleza. La palta (aguacate)*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019, de [www.cicalmo.wordpress.com/2006](http://www.cicalmo.wordpress.com/2006)
39. McDonald, G., Saunders, D., Weidman, M., & Fisher, L. P.-G. (1980). Portal venous transport of long chain fatty acids absorbed from rat intestine. *American Journal of Physiology*(239), G141-G150.

40. McDonald, M., Mack, K., Williams, B., King, W., & and Glomset, U. ( 1988). A membrane-bound diacylglycerol kinase that selectively phosphorylates arachidonoyl-diacylglycerol. *Journal of Biological Chemistry*(263), 1584-92.
41. Miranda Calero, S. (2015). *Prácticas de Laboratorio de Biotecnología*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
42. Mohrhauer, H., & Holman, R. (1963). The effect of dose levels of essential fatty acids upon fatty acid composition of the rat liver. *Journal of Lipid Research*(4), 151-9.
43. Muñoz, C., & y Ledesma, S. (2002). *Los alimentos y sus nutrientes: Tablas de Valor Nutritivo de Alimentos*. México,: Editorial McGraw-Hill, Interamericana.
44. Muñoz, d. C. (2009). *Composición de alimentos, valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo* ( 2<sup>a</sup> Edición. ed.). Ed. Mc Graw Hill.
45. Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W., & Weil, A. (2013). CAPÍTULO 23: Biosíntesis de ácidos grasos y eicosanoides. En R. K. Murray, D. A. Bender, K. M. Botham, P. J. Kennelly, V. W. Rodwell, & A. Weil, *Harper Bioquímica Ilustrada* (pág. 685). México: McGrawHill-LANGE.
46. Narváez, P. S. (2007.). *Kinetics of Palm Oil Methanolysis*. (Vol. 84). (Journal of American Oil Chemical Society, Ed.)
47. Neuringer, M., Connor, W., van Petten, C., & Barstad, L. (1984). Dietary omega-3 fatty acid deficiency and visual loss in infant rhesus monkey. *Journal of Clinical Investigation*. (73), 272-276.
48. Núñez, C. E. (2008). *Extracciones con equipo Soxhlet*. (www.cenunez.com.ar, Ed.) cited 2013 10-6.

49. Ortega Nieblas, M., & Vázquez Moreno, L. (1993). Caracterización fisicoquímica del aceite crudo y refinado de la semilla de *Proboscidea parviflora* (Uña de gato). <http://grasasyaceites.revistas.csic.es> , 44.
50. Ovando-Chacón, S., Nolasco Arroyo, B., Abud Archila, M., & Ovando Chacón, G. (JULIO de 2018). Extracción enzimática de *Jatropha curcas* L., *Oecopetalum mexicanum* y *Pistacia vera*. *Agro Productividad*, Vol. 11(Núm. 7), 15-19.
51. Paucar Menacho, L. M., Salvador Reyes, R., Guillén Sánchez, J., Capa Roble, J., & César, M. R. (5 de abril de 2015). Estudio comparativo de las características físico químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) aceite de oliva (*Olea europea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 4(6), 279-290.
52. Pérez Rosales, R., Villanueva, S., & Ramírez, R. (4 de noviembre de 2005). *El aceite de Aguacate y sus propiedades nutricionales*. Recuperado el 15 de diciembre de 2018, de <http://www.e-gnosis.udg.mx>: <http://www.e-gnosis.udg.mx/index.php/e-gnosis/article/viewFile/44/42>
53. Pérez, R. (1997). *Feeding pigs in the tropics*. Rome: FAO Animal Production and Health Paper.
54. Quintas, U. (21 de mayo de 2017). ¿te echarías un cachichín conmigo? (<https://www.uv.mx/universo/103/Foro/foro1.htm>, Ed.) *Universo*.
55. Sanders, T., & Roshanai, F. (1983). The influence of different types of omega-3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet function in healthy volunteers. *Clinical Science.*, 64(1), 91-99.
56. Scanu, A., & Scandiani, L. (1991). Lipoprotein (a): structure, biology, and clinical relevance. *Adv. Intern. Med*(36), 249-70.

57. Sprecher, H. (1989). N-3 and n-6 fatty acid metabolism. In Dietary omega-3 and omega-6 fatty acids. Biological effects and nutritional essentiality . (P. Press, Ed.) *Life Sciences*, 171, 69-79.
58. Stephen, A., & Wald, N. (1990). Trends in individual consumption of dietary fat in the United States, 1920-1984. : *American Journal of Clinical Nutrition* , 457-469.
59. Tabio García, D., Díaz Domínguez, Y., Rondón Macías, M., Fernández Santana, E., & Piloto-Rodríguez, R. (2017). *Extracción de aceites de origen vegetal*. 10.13140/RG.2.2.11047.55201.
60. Téliz, D. c. (2007). *El aguacate y su manejo integrado*. (2a ed.). México, D.F: Mundi-Prensa.
61. Thompson, J. L., Manore, M. M., & Linda, V. (2008). Capítulo 5. Lípidos: nutrientes esenciales que aportan energía. En J. L. Thompson, M. M. Manore, & V. L. A, *Nutrición* (págs. 174-219). México: Pearson-Addison Weley.
62. Tinoco, J. (1982). Dietary requirements and functions of alpha-linolenic acid in animals. *Progress in lipid research*(21), 1-45.
63. Tso, P. (1985). Gastrointestinal digestion and absorption of lipid. *Advances in Lipid Research*, 21, 143-186.
64. Valenzuela, R., Morales, G., González, M., Morales, J., Sanhueza, J., & Valenzuela, A. (2014). Ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga  $\omega$ -3 y enfermedad cardiovascular. *Revista chilena de nutrición* , 41(3), 319-327.
65. Voss, A., Reinhart, M., Sankarappa, S., & Sprecher, H. (1991). The metabolism of 7, 10, 13, 16, 19 docosapentaenoic acid to 4, 7, 10, 13, 16, 19 docosahexaenoic acid in liver is independent of 4-desaturates. *Journal of Biological Chemistry*, 266, 1995-2000.

## ANEXO 1

### MATERIAL

- Balanza analítica.
- Bureta 50 ml, graduada en 0, 1 ml.
- Bureta de 10 ml, graduada en 0,05 ml.
- Bureta de 25, graduada en 0, 1 ml.
- Campana de extracción
- Charolas de papel aluminio (5x5x4 cm), con identificación
- Crisoles de porcelana, marcados con punta de carbón.
- Desecador con indicador de humedad
- Espátula de acero inoxidable
- Estufa con control de temperatura, vacío o circulación de aire caliente.
- Guante de asbesto
- Guantes de asbesto
- Matraces con cuello y tapón esmerilados, de 250 ml
- Matraces de fondo plano de 250 ml,
- Matraces erlenmeyer de 500 ml de capacidad con boca esmerilada, provistos de sus correspondientes tapones de vidrio.
- Matraz erlenmeyer de 250 ml
- Mufla eléctrica con indicador de temperatura (600°C).
- Navecillas de vidrio, de 3 ml apropiadas para la muestra problema y que puedan introducirse en los matraces.
- Papel filtro, clips o grapas.
- Parrilla de calentamiento
- Parrilla de calentamiento o baño de agua
- Pinzas metálicas
- Sistema Soxhlet (extractor con sifón y condensador)
- Termómetro escala de 0 a 200 °C
- Matraz balón de fondo plano con boca esmerilada

- Condensador con salida esmerilada
- Parrilla de calentamiento y agitador magnético
- Matraz kitasato de 500 ml
- Embudo Buchner
- Bomba de vacío
- Papel filtro de peso constante
- Digestor microKjeldahl
- Matraces microKjeldahl
- Sistema de destilación
- Balanza analítica
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml
- Pipetas de 10 ml
- Balanza granataria

## ANEXO 2.

### REACTIVOS.

- Éter anhidro o hexano.
- Ácido nítrico
- Ácido acético
- Ácido tricloroacético
- Reactivo S-K
- Acetona.
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc. (D=1.84, libre de N)
- HgO rojo
- K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (libre de N)
- Solución de NaOH-
- Tiosulfato de sodio
- Solución saturada de ácido bórico (4%)
- Indicador de rojo de metilo / verde de bromocresol o rojo de metilo/azul de metileno
- HCl 0.02-0.05 N

### PREPARACIÓN DE REACTIVOS.

#### a. Determinación del grado de acidez.

- Mezcla de éter dietílico y etanol de 95% (V/V), en proporción de volumen 1:1. Debe neutralizarse exactamente en el momento de su utilización con la disolución (b) en presencia de 0,3 ml de la disolución de fenolftaleína (c) por cada 100 ml de mezcla.
- Disolución etanólica valorada de hidróxido potásico, 0,1 M, o en caso necesario 0,5 M (Si la cantidad necesaria de la disolución de hidróxido potásico de 0,1 M supera los 10 ml, debe utilizarse una disolución de 0,5 M. La disolución etanólica valorada de hidróxido potásico puede sustituirse por una disolución acuosa de hidróxido potásico o

sódico siempre que el volumen de agua añadido no provoque una separación de las fases).

- Disolución de 10 g/l de fenolftaleína en etanol de 95-96 % (V/V).

**b. Índice de peróxido**

- Cloroformo para análisis, exento de oxígeno por borbotado de una corriente de gas inerte puro y seco.
- Ácido acético glacial para análisis, exento de oxígeno por borbotado de una corriente de gas inerte puro y seco.
- Solución acuosa saturada de yoduro potásico, recién preparada, exenta de yodo y yodatos.
- Solución acuosa de tiosulfato sódico 0,01 N o 0,002 N valorada exactamente; la valoración se efectuará inmediatamente antes del uso.
- Solución de almidón, en solución acuosa de 10 g/l, recién preparada con almidón soluble.

**c. Determinación del índice de Yodo.**

- Yoduro potásico, solución de 100 g/L, exento de yodatos o de yodo libre.
- Engrudo de almidón (Mezclar 5 g de almidón soluble con 30 ml de agua, añadir la mezcla a 1000 ml de agua en ebullición, hervir durante 3 minutos y dejar enfriar.)
- Solución volumétrica patrón de tiosulfato sódico. (0,1 mol/l de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , valorada como máximo 7 días antes de su uso).
- Disolvente, preparado mezclando volúmenes iguales de ciclohexano y ácido acético.
- Reactivo de Wijs, que contenga monoclóruo de yodo en ácido acético. Se utilizará reactivo de Wijs comercializado (el reactivo contiene 9 g de  $\text{ICl}_3$  + 9 g de  $\text{I}_2$  en ácido acético).



# **CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL ACEITE CRUDO DE CACATE (*Oecopetalum mexicanum* Greenm & Thomps)**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MAESTRO EN ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN.  
PRESENTA  
MARCO ANTONIO SELVAS CASTELLANOS**

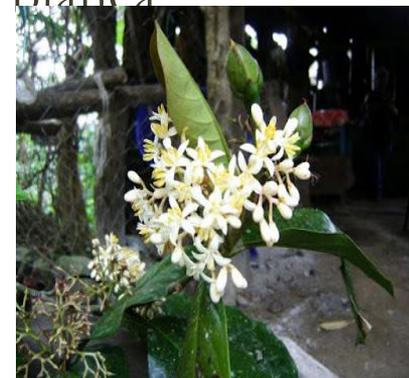


# INTRODUCCIÓN

En 1990, la cantidad total de grasas alimentarias disponibles en todo el mundo se estimó en 68 gramos/ persona/por día. Sin embargo, esta cifra media no revela las grandes disparidades entre regiones geográficas. Mientras que en Asia y África la cantidad total de grasas disponible era menor de 50 gramos por persona y por día, en Sudamérica era de 74 gramos/persona/por día. En la ex URSS, la cantidad de grasas disponible era de 107 gramos/persona/por día. En América del Norte y Central, la cantidad total de grasas disponible era de 126 gramos/persona/día, mientras que en Europa era de 143 gramos/persona/día. Por último, en Oceanía se disponía de 121 gramos/persona/día (FAO, 1993).

Durante las tres últimas décadas ha aumentado constantemente la disponibilidad de grasas en el mundo, especialmente en los países en desarrollo. Sin embargo, en comparación con los países desarrollados, el consumo de grasas sigue siendo bajo en los países en desarrollo.

En Chiapas, existen más de 100 alimentos vegetales, algunos de los cuales son ricos en macronutrientes, especialmente en lípidos. El cacaté o cachichín, es un fruto silvestre comestible que se distribuye en México (Veracruz, Chiapas) y Guatemala; pertenece a la familia Icacinaceae, dentro de la cual hay otras especies que igualmente presentan semillas comestibles o sus hojas son utilizadas como tinte natural (Quintas, 2003). Es un árbol de 2 a 25 m de altura, de hojas simples de 15 a 25 cm de largo y entre 7 y 10 de ancho, con forma elíptico-lanceolada. La flor es blanca de ocho mm de largo; el fruto es globoso, verde y café al madurar, mide de 2 a 3 cm de largo por uno o dos de ancho (Gutiérrez, 1994). La semilla se caracteriza por su sabor amargo y color café y mide de siete a nueve milímetros de largo.



# JUSTIFICACIÓN

Si bien cada país presenta determinadas variedades de aceite, sólo algunos aceites tienen importancia mundial. Entre los principales aceites comerciales, el suministro de aceite de soja ha aumentado de 2,2 a 7 gramos por persona y por día, mientras que la disponibilidad de aceite de girasol ha aumentado de 1,3 a 3,5 gramos por persona y por día. El suministro de aceite de colza se incrementó de 0,9 a 3,4 gramos por persona y por día, y la disponibilidad de aceite de palma aumentó de 0,9 a 2,9 gramos por persona y por día. El suministro de aceite de cacahuate (maní) permaneció aproximadamente igual (2 gramos por persona y por día) durante las tres últimas décadas (FAO, 1993).

Con base a lo anterior, la presente investigación parte del hecho que la semilla de cacaté es un alimento rico en lípidos, considerándosele entre un 38 a 40% en base seca.

Si a ello se le aúna que es un alimento no convencional y cuyo cultivo está dedicado especialmente para sombra de las plantaciones de café, desaprovechándose con ello su potencial para la explotación oleaginosa.

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, en 1990 las fuentes vegetales aportaron 24 gramos de aceite por persona y por día, mientras que los animales proporcionaron 6 gramos de grasa visible por persona y por día. De los 165 países, todos excepto 12 experimentaron aumentos en la disponibilidad de aceites vegetales a partir de 1961 (FAO, 1993).

En 1990, 65 países disponían de más de 30 gramos de aceite vegetal por persona y por día, y otros 6 países (Malasia, Túnez, España, Italia, Israel y Grecia) disponían de más de 60 gramos por persona y por día.

# OBJETIVOS

Determinar los parámetros físicos y químicos del aceite de cacaté *Oecapetalum mexicanum* Greenm & Thomps, a fin de conocer la calidad de dicho aceite, para el posible uso comestible.

## Objetivos específicos.

Elaborar la harina de la semilla de cacaté.

Realizar el análisis proximal a la harina de la semilla de cacaté, a fin de determinar su valor nutricional.

Extraer el aceite de la semilla de cacaté.

Determinación de parámetros físicos del aceite de cacaté:

Densidad.      Color.

Olor              Sabor

Determinación de parámetros químicos del aceite de cacaté:

Índice de acidez.                      Ácidos grasos libres

Índice de saponificación                      Índice de peróxido.

Índice de yodo.                      Material insaponificable.

Obtener el perfil de ácidos grasos del aceite de cacaté

# HIPÓTESIS

Tomando como base la apariencia física del aceite de cacaté, se espera obtener un aceite con características químicas muy parecidas a las del aceite de oliva y a las del aceite de aguacate. Por tal motivo, se considera que el perfil de ácidos grasos que presente el aceite de cacaté, pueda ubicar su calidad de aceite dentro del rango del ácido alfa linolénico, uno de los ácidos de la familia omega3.

# PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Composición del fruto del cacaté, parámetros físicos y su análisis proximal.

Nombre Común	Cacaté, Cachichín
Nombre científico	<i>Oecapetalum mexicanun Greenm y Thomps</i>
Textura	Líquida
Olor	Característico
Sabor	Cacaté
Densidad	0.93972 g/ ml
Color	Amarillo
Contenido de humedad	52.6 g/100
Porción comestible seca	47.4 g/100
pH	5
Peso del futo fresco	3.8 g
<b>Composición química proximal en base seca</b>	
Proteína Cruda	13.24 g/100
Extracto etéreo	35.00 g/100
Fibra cruda	4.15 g/100
Cenizas	3.15 g/100
Carbohidratos	44.46 g/100
Energía metabolizable	5.46 Kcal/gr

## Comparación cacaté y cacahuete Hernández, et al (2008)

Muestra	% Lípidos	% Proteínas	% Cenizas
Cacahuete Criollo Ocozocoautla Mor.	42.28	52.89	2.41
Ocozocoautla	34.38	43.97	2.22
Cacaté	35.00	13.24	3.15

## Composición proximal de harinas de granos básicos y el cacaté. Miranda (2015)

Alimento	Cenizas %	Grasas %	Proteínas %
Arroz	0.27	0.42	6.29
Frijol	3.41	1.62	23.87
Maíz	1.94	6.58	8.80
Café	4.34	10.03	14.55
Cacaté	3.15	35.00	13.24

## Análisis proximal de cacaté, cereales, leguminosas y oleaginosas (g/100 g). Briseño y Navas (2005).

Grano	Proteína cruda	Aceite	Carbohidratos	Fibra cruda	cenizas
<b>Cereales*</b>	9.00	<b>5.00</b>	75.00	8.00	3.00
<b>Leguminosas*</b>	22.00	<b>5.00</b>	55.00	10.00	8.00
<b>Oleaginosas*</b>	35.00	<b>25.00</b>	25.00	9.00	6.00
<b>Cacaté</b>	<b>13.24</b>	<b>35.00</b>	<b>44.46</b>	<b>4.15</b>	<b>3.15</b>

### Composición proximal del cacaté y oleaginosas reportadas por la FAO.

Oleaginosas	Nombre científico	Parte aprovechable	Proteínas %	Grasas %	Hidratos de carbono %
Ajonjolí	<i>Sesamum indicum</i>	Semilla	14.9	52.2	21.1
Cacahuate	<i>Arachis hypogea</i>	Fruto	27.6	46.7	20.9
Girasol	<i>Helianthus annus</i>	Semilla	25.4	51.3	13.6
Nuez de Castilla	<i>Parietaria spp.</i>	Fruto	13.7	67.2	13.2
Piñón	<i>Pinus cembroides</i>	Fruto	15.3	61.3	16.8
Semilla de Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i>	Semilla	30.3	45.8	14.4
cacaté	<i>Oecapetalum mexicanun G.</i>	fruto	13.24	35	44.46

### Composición proximal del cacaté y leguminosas reportadas por la FAO.

Leguminosas	Nombre científico	Parte aprovechable	Proteínas %	Grasas %	Hidratos de carbono %
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Semilla, fruto	19.2	1.8	61.5
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>	Semilla	20.4	6.2	61.0
Haba seca	<i>Vicia faba</i>	Semilla	22.6	2.2	63.1
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>	Semilla	22.7	1.6	58.7
Cacate	<i>Oecapetalum mexicanun G.</i>	Fruto	13.24	35	44.46

Tablas de valores de análisis proximal de los alimentos reportada por la FAO

## Comparativo del valor nutritivo del cacaté y algunas oleaginosas, (por 100 gr en crudo).

Alimento	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Lípidos (%)
Frijol común*	22.1	61.4	4.1	1.6
Garbanzo*	18.2	61.1	3.4	6.2
Haba*	24.0	58.2	5.9	2.2
Lenteja*	23.7	60.7	3.2	1.3
Soya*	33.4	35.5	5.7	16.4
Cacahuate*	25.5	21.3	4.3	44.0
<b>Cacaté</b>	<b>13.24</b>	<b>44.46</b>	<b>4.15</b>	<b>35.00</b>

## Análisis Físico-químico del aceite de cacaté

### Parámetros fisicoquímicos del aceite de cacaté

Parámetro	Valor promedio	Valor promedio*	Desviación estándar
Densidad, 24 �C	0.93972 g/ ml	0.930	0.01589
�ndice de acidez	2.58253	3.24	0.02792
�cidos grasos libres	18.20680 %		0.19681
�ndice de saponificación	173.60647	210	2.09719
�ndice de peróxidos		34.667	
Materia insaponificable		1.53 %	

\* Ballinas et al. (1999).

**Comparación de las características físico-químicas de diferentes aceites.** Briseño y Navas (2005).

Tipo de aceite	Densidad a 24-25 °C (g/ml)	Índice de acidez (% ácido oleico)	Índice de saponificación (gKOH/Kg)	Índice de Yodo (gI <sub>2</sub> /100 g)	Ácidos grasos libres (%)	Índice de peróxido	Material insaponificable
<b>Cacaté</b>	<b>0.9397</b>	<b>2.582</b>	<b>173.606</b>	<b>60.23</b>	<b>18.206</b>	<b>34.667</b>	<b>1.53</b>
Soya <sup>1</sup>	0.915-0.925	1.0	187-197	125-140			
Maíz <sup>1</sup>	0.914-0.921	1.0	187-193	115-124			
Oliva <sup>1</sup>	0.910-0.916	3.3	182-193	80			

Alimento	Densidad a 24-25° C g/ml	Índice de acidez % ac. oléico	Índice de saponificación gKOH/Kg	Índice de Yodo gI <sub>2</sub> /100g	Ácidos grasos libres %
<b>Cacaté</b>	<b>0.93972</b>	<b>2.58253</b>	<b>173.60647</b>	<b>60.23</b>	<b>18.20680</b>
Cacaté <sup>1</sup>		2.5	170.50	48.56	0.30
Soya <sup>2</sup>	0.919		192 mg/kg	130 mg/kg	0.5
Ajonjolí <sup>2</sup>	1.917		191 mg/kg	110 mg/kg	**
Maíz <sup>2</sup>	0.917		190 mg/kg	117.2 mg/kg	1.5

1. Hernandez, G. et al (2013).

2. Ortega Nieblas et al (1993).

Comparación del análisis físico químico de los aceites de cacaté, oliva y aguacate.

Alimento	Densidad a 24-25° C g/ml	Índice de acidez % ac. oléico	Índice de saponificación mgKOH/Kg	Índice de Yodo gI <sub>2</sub> /100g	Ácidos grasos libres %
<b>Cacaté</b>	<b>0.93972</b>	<b>2.58253</b>	<b>173.60647</b>	<b>60.23</b>	<b>18.20680</b>
<b>Oliva</b> <sup>1</sup>	0.910-0.916	3.3	182-193	80	
<b>Aguacate</b> <sup>2</sup>		0.38	195.55	80.98	

1. Hernandez, G. et al (2013). 2. Yepes, et al, (2017).

Comparativo de características físico químicas del aceite de cacaté, sachá incha, oliva y pescado.

Aceite	Densidad a 24-25° C g/ml	Índice de acidez % ac. oléico	Índice de Yodo gI <sub>2</sub> /100g
<b>Cacaté</b>	<b>0.93972</b>	<b>2.58253</b>	<b>60.23</b>
<b>Sachá inchi</b>	0.9183	1.08	59.4
<b>Oliva</b>	0.9252	1.14	56.15
<b>Pescado marino</b>	0.9308	1.561	64.45

Paucar, et al (2015).

## Perfil de ácidos grasos del aceite de cacaté y aceites comerciales.

Ácido graso	g / 100 g					
	Cacaté	Soya <sup>1</sup>	Maíz <sup>1</sup>	Oliva <sup>1</sup>	Aguacate <sup>2</sup>	Girasol <sup>2</sup>
<b>Saturados:</b>						
16:0		10.5	11.8	9.4		
18:0		0.3	9.4	2.6		
Palmítico	22.5-25.8	11 % <sup>2</sup>	7.8 % <sup>2</sup>		21.5194	3.6 %
Estearico	9.2-9.7	4.0 % <sup>2</sup>	3.6 % <sup>2</sup>		0.4806	2.9 %
<b><u>Insaturados:</u></b>						
16:1		nd	nd	0.3		
<b>18:1</b>						
<b>Oleico</b>	7.1-7.2	28 % <sup>2</sup>	46.3 % <sup>2</sup>		53.2511	34 %
<b>Vaccénico</b>	4.4-4.5					
<b>Linoléico</b>	49.9-53.4	50 % <sup>2</sup>	41.7 % <sup>2</sup>		12.8726	57.1 %
<b>18:2 Ω-6</b>						
<b>α-linolénico</b>	1.7-2.4					
<b>γ-linolénico</b>		79.0	76.7	5.9 +	0.7599	0.2 %
<b>18:3 Ω-6</b>		8 % <sup>2</sup>	0.8 % <sup>2</sup>			
<b>Otros</b>	0.9-1.2					

1. Briseño y Navas, 2005

2. Ortega Nieblas y Vázquez Moreno (1993)

# CONCLUSIÓN.

Con base a los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- En comunidades muy marginadas, el cacaté con 35 % de aceite, puede ser una buena alternativa alimentaria por el aporte energético que esto representa.
  - El porcentaje de lípidos del cacaté es muy similar al del cacahuete variedad Ocozocuautla.
  - El porcentaje lipídico del cacaté (35%) es superior al reportado por Miranda (2015) para los granos básicos: arroz (0.42%), frijol (1.62%), Maíz (6.58%) y café (10.03%).
- En cuanto a la proteína el cacaté supera en porcentaje (13.24%) al arroz (6.29%) y al maíz (8.80%).
- Respecto al trabajo de Briseño y Navas, el cacaté presenta un porcentaje superior en el rubro de lípidos (35.00%) al de los cereales (5%), leguminosas (5%) y oleaginosas (25%) en general.
  - Comparado con los datos presentados por la FAO, el cacaté presenta una mayor cantidad de grasas (35%) que la lenteja (1.6%), el frijol (1.8%), haba seca (2.2%) y garbanzo (6.2%).
  - En lo referente a porcentaje de ácido oleico (índice de acidez) el aceite de cacaté (2.5825%) supera al de soya (1.0%), maíz (1.0%) y siendo muy similar al del aceite de oliva (3.3%), pero superior al del aceite de aguacate (0.38%).
  - La cantidad de ácido palmítico del cacaté (22.5-25.8%) es ligeramente superior al del aguacate (21.51%) y muy superior al del maíz (7.8%) y soya (11%).
  - El ácido linoleico 18:2 del cacaté (49.9-53.4%) es superior al del aguacate (12.87%) y maíz (41.7%), pero dentro del rango del aceite de soya (50%).

# PROPUESTAS.

- Luego de realizar la extracción de aceite de la harina de cacaté, se obtiene una pasta residual que tendría un alto valor proteínico (más de 20 %), por tanto, resulta interesante realizar estudios de la calidad de esta proteína (digestibilidad y perfil de aminoácidos).
- Derivado de las conclusiones, se deben hacer estudios de factibilidad en el cambio de uso de suelo del cacaté, para dejar de ser empleada como sombra de plantaciones de café, y ser ahora generadora de cultivos específicos para producción de aceite, contribuyendo no solo a la mejora energética nutricional de los pobladores, sino también una inversión que genere empleos y a su vez una derrama económico en la zona.