

*Universidad Autónoma Metropolitana*



**Casa abierta al tiempo**

U N I D A D I Z T A P A L A P A

---

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
POSGRADO EN BIOTECNOLOGÍA**

**E S P E C I A L I Z A C I Ó N**

**“Efecto del tratamiento térmico en la capacidad  
hipoglucemiante de frutos de chilacayote (*Cucurbita ficifolia*  
Bouché)”**

**PRESENTA**

**Q.A. María Guadalupe Juárez Pérez**

**COMITÉ TUTORIAL**

**Dra. Elsa Bosquez Molina**

*Departamento de Biotecnología D.C.B.S.*

**Dr. Francisco Javier Alarcón Aguilar**

*Departamento de Ciencias de la Salud D.C.B.S.*

Ciudad de México, Abril de 2017.

*Universidad Autónoma Metropolitana*



**Casa abierta al tiempo**

UNIDAD IZTAPALAPA

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
POSGRADO EN BIOTECNOLOGÍA**

**E S P E C I A L I Z A C I Ó N**

**“Efecto del tratamiento térmico en la capacidad  
hipoglucemiante de frutos de chilacayote (*Cucurbita ficifolia*  
Bouché)”**

**PRESENTA**

**Q.A. María Guadalupe Juárez Pérez**

**COMITÉ TUTORIAL**

**Dra. Elsa Bosquez Molina**

*Departamento de Biotecnología D.C.B.S.*

**Dr. Francisco Javier Alarcón Aguilar**

*Departamento de Ciencias de la Salud D.C.B.S.*

Vo. Bo.

Dr. Gerardo Blancas Flores

Ciudad de México, Abril de 2017.

---

Este trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología de Frutas y Hortalizas (S-156) del departamento de Biotecnología y en el laboratorio de Farmacología (S-358) del departamento de Ciencias de la Salud, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana.

---

---



**¿Con qué he de irme?  
¿Nada dejaré en pos de mí  
sobre la tierra?  
¿Cómo ha de actuar mi  
corazón?  
¿Acaso en vano venimos a  
vivir, a brotar sobre la tierra?  
Dejemos al menos flores.  
Dejemos al menos cantos.**

*Nezahualcóyotl*

---

---

## *Agradecimientos*

Creo que soy el resultado de las experiencias, de los sentimientos y de la convivencia con las personas que he conocido y que me han permitido compartir sus valores. En realidad es lo que más aprecio pues uno solo, donde nuestra persona depende de minúsculas porciones de materia en un universo tan lleno de física y química, hace difícil avanzar así.

Por ello agradezco de manera muy especial el apoyo brindado durante esta etapa a mi tío **Gaudencio**, en verdad hubiera sido imposible concluirla sin su ayuda. ¡Muchas gracias!

A Flor y Susi, porque “uno no puede vivir bien, amar bien, sino ha comido bien”, así que les agradezco por haberme procurado con su deliciosa comida, pero también por los regaños y las palabras de ánimo cuando fueron necesarias.

A las chicas constantes del ejercicio que se hicieron amigas: Mary, Fany, Clau y Angie, a Elvira del centro social “Casa del Pueblo”, al personal y médicos de la CI, a los compañeros del laboratorio de frutas y hortalizas: Dra. Deni, Ara, Caro, Lurdes, Alex y Clarita; y del laboratorio de farmacología, especialmente a Iván y al Dr. Gerardo. Gracias a todos por su ayuda y por aquellos gestos de amabilidad e incluso de preocupación que tuvieron por mí.

Seguramente habría sido más difícil comenzar esta etapa sin la atención del Dr. Francisco, gracias por brindarme al instante su amistad, por compartir conmigo sus conocimientos y por la paciencia con la que me ayudó a concretar el posgrado.

Por la confianza otorgada y la enorme serenidad con la que me fue guiando durante la realización de este proyecto de especialización, agradezco a la Dra. Elsa. En verdad que fue lo máximo.

A mis padres **Gloria** y **Juan**, mis hermanas Ney y Luz y mis niños Ángel, Carlos, Emanuel, Brenda y mi pequeñito Benjamín. Gracias por darme la dosis justa de felicidad, entusiasmo y bondad, pues es todo lo que necesito para amar la vida, lo que en ella existe y lo que por ella se puede hacer. Gracias por su apoyo brindado en todas las maneras posibles.

Finalmente, agradezco a la UAM por la accesibilidad al programa de especialización y la oportunidad de estar en esta magnífica casa de estudios.

---

---

# Índice

Resumen.....	1
I. Introducción .....	3
II. Antecedentes .....	5
2.1. <i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché.....	5
2.2. Propiedades hipoglucemiantes de <i>C. ficifolia</i> .....	6
2.3. Obtención de los extractos de <i>C. ficifolia</i> .....	8
2.4. Consumo de chilacayote ( <i>C. ficifolia</i> ) y el proceso térmico como tecnología de conservación.....	10
III. Justificación.....	13
IV. Hipótesis .....	13
V. Objetivos .....	14
5.1. General.....	14
5.2. Específicos .....	14
VI. Metodología.....	15
6.1. Material biológico.....	15
6.1.1. Pruebas físicas.....	15
6.1.2. Pruebas químicas.....	15
6.2. Tratamientos térmicos .....	17
6.2.1. Cocción.....	17
6.2.2. Esterilización.....	17
6.3. Obtención de los extractos .....	18
6.3.1. Extractos de fruto inmaduro.....	18
6.3.2. Extractos de fruto maduro .....	19

---

---

6.3.3. Extractos liofilizados.....	19
6.4. Pruebas biológicas.....	23
6.4.1. Preparación de los ratones .....	23
6.4.2. Dosis y vía de administración .....	23
6.4.3. Medición de la glucemia .....	25
6.4.4. Análisis estadístico.....	25
VII. Resultados y discusión.....	26
7. 1. Caracterización de los frutos de <i>C. ficifolia</i> Bouché.....	26
7.2. Condiciones de los tratamientos térmicos .....	27
7.3. Estandarización de la metodología para la obtención de los extractos de <i>C. ficifolia</i> .....	28
7.4. Pruebas biológicas.....	29
VIII. Conclusiones .....	34
IX. Bibliografía.....	35

---

---

## *Resumen*

La especie *Cucurbita ficifolia* Bouché, comúnmente conocida como chilacayote, es una de las cinco especies del género *Cucurbita* que se cultiva desde épocas prehispánicas. Los frutos maduros e inmaduros, así como sus flores forman parte de la alimentación en diferentes partes del mundo y en México. Además del uso culinario, diferentes partes de la planta se pueden utilizar con fines medicinales. Se ha reportado que el jugo del fruto maduro tiene propiedades hipoglucemiantes, incluso es utilizado como un remedio casero para tratar la diabetes.

Para contribuir con las investigaciones referentes al efecto hipoglucemiante de los frutos de chilacayote, el presente estudio se realizó para determinar la influencia del procesamiento térmico sobre dicha propiedad funcional en virtud del uso que se le da a esta especie en la cocina tradicional Mexicana.

Para ello se utilizaron frutos inmaduros y maduros y se caracterizaron mediante análisis físicos y químicos. Se aplicaron los siguientes tratamientos térmicos: a los frutos inmaduros se les aplicó una cocción por inmersión en agua (92.5°C) y a vapor durante 20 min; a los frutos maduros se les extrajo el jugo, el cual se filtró y esterilizó (121°C, 15 lb/plg<sup>2</sup>, 15 min). Los extractos para las pruebas biológicas se obtuvieron, en el caso de los frutos inmaduros (cocidos y en fresco), mediante su molienda con un homogeneizador y liofilizando los filtrados obtenidos. En los frutos maduros, tanto el jugo fresco como el jugo esterilizado se liofilizaron. El efecto hipoglucémico de los extractos, se determinó mediante un estudio agudo con ratones macho *Mus musculus* (CD-1) de 30.0±5.0 g de peso. Se utilizaron animales normoglucémicos y se formaron grupos con 4 animales cada uno, dispuestos de la siguiente manera: a) control (Tween 20 al 5%, 4 mL/kg), b) glibenclamida (10 mg/kg) y c) los extractos de *C. ficifolia* (400 mg/kg). Los tratamientos fueron administrados vía intraperitoneal con un ayuno previo de los

animales de 12 horas. Se tomaron muestras a los 0, 120, 240 y 360 min mediante punción de la vena caudal de la cola del ratón; se determinó la glucemia con un glucómetro y tiras reactivas Accu-Check Performa de Roche<sup>MR</sup>.

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de los extractos obtenidos de frutos inmaduros, siendo el tratamiento del extracto obtenido por cocción en agua el de mayor efecto. Entre los tratamientos de los extractos obtenidos a partir de frutos maduros, no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, sí se observó disminución de la glucemia. Así el tratamiento térmico afecta de forma negativa la propiedad hipoglucemiante de los frutos de *C. ficifolia*, por lo que la disminución depende tanto del estado de madurez del fruto como el tipo de tratamiento térmico aplicado.

---

## I. *Introducción*

El chilacayote (*C. ficifolia* Bouché) es una de las cinco especies de *Cucurbita* (género endémico americano, Familia Cucurbitaceae) que se cultivan desde épocas prehispánicas, las cuales han sido registradas en numerosos sitios arqueológicos de América en distribuciones geográficas particulares. No se conocen los ancestros silvestres a partir de los cuales fueron domesticadas, por lo que el origen de cada una de ellas se interpreta, principalmente, por la ubicación geográfica y la antigüedad de los hallazgos arqueológicos. *C. ficifolia* fue registrada desde México a Perú; los restos de mayor antigüedad (480 DC) proceden de Huaca Prieta, Perú. Sin embargo, existen dos teorías sobre su lugar de origen, una propone a México o Centroamérica, y la otra postula a Sudamérica, específicamente en los Andes (Würschmidt, 2003).

*C. ficifolia* se encuentra ampliamente distribuida como cultivo desde los 1,000 hasta casi los 3,000 m de altitud, particularidad que la hace diferente a las otras especies del género ya que éstas crecen a altitudes menores (FAO, 1992). Se cultiva en varios tipos de suelo, aunque se desarrolla preferentemente en aquellos que son capaces de retener humedad y poseen buen drenaje, no soporta suelos totalmente arcillosos, pero se adapta en suelo con pH básico, neutro y ácido (CONABIO, 2013); quizá ésta sea la razón por la cual *C. ficifolia* sea una especie de regeneración natural, que sobrevive y se reproduce sin la ayuda humana ya que también existen poblaciones silvestres de esta especie que se encuentran a las orillas de las parcelas o en los caminos (Mera y cols., 2011).

En el 2013, el Servicio de información agrícola y pesquera (SIAP, 2013) reportó que en México, los principales estados productores son el Estado de México y Morelos, con una superficie de 138 y 41 ha, respectivamente. También figura el Distrito Federal con 5 ha cultivadas; para el año 2014 de la producción

agrícola, el chilacayote se colocó en el puesto 72, con una superficie total sembrada y cosechada de 202.5 ha (SIAP, 2014).

*Cucurbita ficifolia* Bouché es una planta cuyas propiedades hipoglucemiantes han motivado el interés para abordar diversos aspectos de estudio, como por ejemplo el grado de su efecto en comparación con otras plantas y/o medicamentos, la caracterización del desarrollo de sus frutos y potencial de consumo.

---

## II. Antecedentes

### 2.1. *Cucurbita ficifolia* Bouché

La familia Cucurbitaceae alberga 118 géneros con aproximadamente 830 especies. Se distribuye principalmente en las regiones tropicales del mundo y algunas especies se extienden a las regiones templadas de ambos hemisferios. En México existen 38 géneros de las subfamilias (Cucurbitoideae y Zanoninoideae) con 136 taxa (especies y taxa infraespecíficos) (Mera y cols., 2011).

El género *Cucurbita*, uno de los más importantes, cuenta con 27 especies. Las especies de este género forman el grupo conocido como calabazas, de las cuales cinco han sido domesticadas: *C. pepo* L. (calabaza de india), *C. ficifolia* Bouché (chilacayote), *C. moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poiret (calabaza de castilla); *C. maxima* Duchesne ex Lam (calabaza kabosha) y *C. argyrosperma* Huber. Con excepción de *C. maxima* las calabazas se encuentran ampliamente distribuidas en México, en pequeña escala *C. maxima* se encuentra en Centroamérica y parte norte de América del Sur (Cerón y cols., 2010). Son importantes desde el punto de vista económico, nutricional y cultural tanto a nivel nacional como mundial (Cerón, 2010).

En el caso particular de *C. ficifolia*, el valor nutritivo más importante se encuentra en las semillas, cuyo consumo representa un aporte considerable de proteínas y aceites. La pulpa de los frutos, por su color blanco, presenta deficiencias en  $\beta$ -caroteno, además de una moderada cantidad de carbohidratos y bajo contenido en vitaminas y minerales (CONABIO, 2013). En promedio, por cada 100 g de porción comestible, los frutos tiernos y maduros de *C. ficifolia* aportan a la dieta 0.3% y 0.2% de proteína, 4.4% y 6.9% de carbohidratos y 0.1% y 0.5% de grasa, respectivamente (FAO, 2007).

En México los usos alimenticios de la especie son varios: los brotes tiernos se consumen como quelites en sopas o guisos; las flores en sopas, quesadillas, cremas; los frutos tiernos como verdura, en guisos, caldos y sopas; la pulpa de frutos maduros como dulce (cabellos de ángel), en atoles, aguas frescas y repostería; las semillas – asadas, cocidas o hervidas - como botana, en guisos, tamales, dulces, como adorno y complemento en otras preparaciones. En algunas regiones el fruto, las semillas y las raíces se pueden utilizar con fines medicinales. Algunos tipos son útiles como contenedores (jícaras, cazuelas artesanales) y se usan también para forraje (CONABIO, 2015). Además del uso alimenticio y medicinal, las calabazas se pueden emplear con fines industriales, comerciales y tradicionales como objetos para artesanía (Cerón, 2010).

## **2.2. Propiedades hipoglucemiantes de *C. ficifolia***

El interés por estudiar la propiedad funcional del fruto de *C. ficifolia* surgió debido a que en lugares como Asia, África y América del Sur el extracto del fruto de esta planta es utilizado como un remedio casero tradicional para tratar la diabetes e incluso al extracto se le conoce como la insulina vegetal y en México, la sugerencia de uso por parte de los curanderos se basa en ingerir un macerado en agua del fruto maduro (Aguilar y cols., 1994). Con base en esta información, uno de los primeros reportes realizados sobre la propiedad hipoglucemiante de esta especie, se encuentra en un estudio comparativo que se realizó de doce plantas comestibles usadas por la población mexicana para tratar dicha enfermedad. El efecto de las plantas se evaluó en conejos sanos utilizando como controles tolbutamida y agua; en el caso de *C. ficifolia* se observó un efecto hipoglucémico elevado (Román y cols., 1995). En el año 2001 se realizó un estudio en pacientes con hiperglucemia moderada que consistió en seguir los niveles de glucosa durante 5 h tras la ingesta de un extracto crudo del fruto o agua potable en sesiones diferentes, los resultados obtenidos fueron significativos respecto a la disminución de la glucemia en los pacientes y se comprobó la actividad hipoglucémica evaluada con anterioridad en animales de laboratorio (Acosta y

cols., 2001). Consecutivamente, se demostró que el jugo liofilizado del fruto de chilacayote disminuyó los niveles de glucosa en ratones CD-1 y ratas Wistar con diabetes inducida por medio de aloxana, en un estudio que involucró la administración diaria vía oral del liofilizado durante 14 días (Alarcón y cols., 2002).

De esta manera, el efecto hipoglucémico del fruto de *C. ficifolia* ha sido demostrado en diferentes modelos experimentales, no obstante, el interés científico ha tratado de establecer el posible mecanismo de acción de los extractos del fruto, realizando estudios fitoquímicos y evaluando la actividad biológica de los mismos a través de investigaciones que incluyen el uso de los extractos de *C. ficifolia* o estandarizando el contenido de los compuestos con posible actividad farmacológica. Por tal motivo se han evaluado parámetros de estrés oxidativo e inflamación (Banderas, 2012; Díaz y cols., 2012; Román y cols., 2012; Fortis y cols., 2013; Fortis y cols., 2017) o productos de glicación (Salinas, 2013), utilizando tanto animales de experimentación como líneas celulares.

Xia y Wang determinaron mediante cromatografía de gases una concentración elevada de D-quiró inositol (D-QI) y propusieron a este compuesto como el principal responsable de la acción hipoglucemiante en ratas tratadas con estreptozotocina (Xia y Wang, 2006). El D-QI es un compuesto que forma parte de la estructura de los inositol fosfoglicanos, importantes mediadores de la acción de la insulina (Kawa y cols., 2003), ya que participan en la activación de las enzimas glucógeno sintasa y piruvato deshidrogenasa (Larner y cols., 2010). En otra investigación se evaluó el efecto de un extracto acuoso de *C. ficifolia* sobre la vía redox del glutatión en ratones con diabetes inducida con estreptozotocina, se encontró que el extracto mejoró el estado redox en los animales, lo que podría sustentar las propiedades antioxidantes del fruto y que su uso como tratamiento alternativo para el control de la diabetes está relacionado con la disminución de las complicaciones causadas por el estrés oxidativo. También se menciona que el extracto podría potenciar su efecto cuando se administra con otros antioxidantes derivados de los polifenoles, especialmente flavonoides (Díaz y cols., 2012).

Un estudio relevante fue realizado utilizando la línea celular RINm5F; estas células provienen de islotes pancreáticos tumorales benignos de rata que produce insulina en exceso. En este estudio se propone que el extracto acuoso de *C. ficifolia* activa al gen de insulina e incrementa el  $\text{Ca}^{2+}$  intracelular, provocando el aumento de secreción de la hormona (Miranda y cols., 2013; Miranda y cols., 2016). Investigaciones recientes sugieren que el efecto hipoglucémico del extracto acuoso del fruto de *C. ficifolia* en ratones diabéticos tratados por 30 días con el extracto, involucra también el almacenamiento de glucógeno en el hígado (García, 2017). Además, el estudio fitoquímico permitió la identificación, mediante métodos cromatográficos, espectroscópicos y espectrométricos, de 7 componentes mayoritarios con actividad farmacológica: dos fitoesteroles (estigmast-7,22-dien-3-ol y estigmast-7-en-3-ol), ácido *p*-cumárico, ácido hidroxibenzoico, ácido *o*-hidroxifenilacético, ácido *p*-hidroxifenilacético y salicina (García, 2017; García y cols., 2017); sin embargo, aún no se ha reportado un estudio en donde se examine el efecto de estos compuestos aislados.

### **2.3. Obtención de los extractos de *C. ficifolia***

En la investigación del efecto hipoglucemiante de *C. ficifolia* se han utilizado diversos modelos experimentales y la metodología seguida para la obtención de extractos de los frutos ha sido muy variada y a veces incompleta, lo cual ha dificultado la continuidad de los estudios y la obtención de resultados concluyentes.

Uno de los métodos reportados para la obtención del extracto se basa en el uso tradicional del fruto maduro de *C. ficifolia* como remedio para el control de la diabetes: se parte el fruto por la mitad, se retira bagazo y semilla, las dos mitades se llenan de agua para beber y se dejan en reposo durante 24 h a temperatura ambiente. Transcurrido el tiempo, el líquido se considera como “el extracto acuoso”, el cual se dosificó a razón de 4 mL/kg de peso corporal en un estudio en donde se realizó el primer acercamiento científico sobre la evaluación de la

capacidad hipoglucemiante del fruto utilizando ratones CD1, cuyos resultados mostraron disminución de la glucemia en el modelo experimental utilizado (Soto, 1994).

En otros estudios se ha obtenido el extracto tras moler la pulpa del fruto maduro de *C. ficifolia*. El jugo así obtenido se filtró y se administró vía oral en una dosis de 4 mL/kg (Román y cols., 1995), o se liofilizó y administró vía oral e intraperitoneal a dosis de 500 mg/kg de peso corporal (Alarcón y cols., 2002). Los resultados obtenidos en ambos estudios mostraron disminución de la glucemia en los modelos experimentales usados: conejos, ratas y ratones; sin embargo, no se reportó el rendimiento de los extractos.

La metodología se ha ido mejorando para la obtención del extracto de frutos maduros, procediéndose a eliminar el exocarpo del fruto entero, retirando las semillas para posteriormente rebanar, deshidratar y moler la pulpa. Una muestra de la pulpa molida y seca se deja reposar en diferentes disolventes con la finalidad de separar sus componentes. Los extractos orgánicos se concentran en rotavapor y los acuosos se liofilizan (Ángeles, 2009; Miranda, 2012; Banderas, 2012; Fortis, 2013). Los trabajos en los que se han aplicado estas metodologías varían en cuanto a tiempos de reposo y cantidad de la pulpa deshidratada, así como el volumen de solvente utilizado; obteniendo resultados comparables respecto al efecto hipoglucemiante del fruto evaluado, tanto en animales normoglucémicos como con diabetes experimental. Además, estos extractos también han mostrado efectos antioxidante y antiinflamatorio.

Con base en lo anterior, en el presente estudio se pretende la estandarización de una metodología para la obtención de extractos activos del jugo de chilacayote.

#### **2.4. Consumo de chilacayote (*C. ficifolia*) y el proceso térmico como tecnología de conservación**

Debido a la transformación química y física a la que es sometido el fruto por el uso gastronómico que se le da, se planteó de interés investigar si conserva su propiedad funcional tras el tratamiento térmico, pues en México tanto los frutos como sus flores forman parte de la alimentación en varias regiones y se consume en pequeñas porciones como complemento del plato fuerte o como platillo especial para días festivos, implicando en todos los casos de uso comestible un tratamiento térmico.

Una de las tecnologías más utilizadas para la conservación de los alimentos consiste en someterlos a un proceso de calentamiento en condiciones determinadas de tiempo-temperatura, llamado procesamiento térmico. Los objetivos del procesamiento térmico son asegurar la destrucción de microorganismos tanto vegetativos como esporulados, detener las reacciones metabólicas (inhibir la actividad enzimática), facilitar la cocción (completa o parcial) o mejorar las características sensoriales y mantener el valor nutricional de los alimentos. Existen diferentes tipos de procesamiento térmico de los alimentos, entre los que se encuentran:

Escaldado, que es una operación preliminar al envasado, la cual consiste en sumergir la materia prima en agua caliente (de 85 a 98°C) o bien exponerla al vapor vivo, en la que debe existir un control preciso de temperatura y tiempo y se realiza con diferentes propósitos, dependiendo del producto, entre ellos: a) para inhibir la acción enzimática (polifenol oxidasa, catalasa y peroxidasa) evitando el oscurecimiento enzimático y la pérdida de pigmentos (fijación del color natural de algunas hortalizas) y vitaminas; b) expulsión de gases de respiración (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), para reducir la tensión sobre los sellos del envase (por ej. lata sanitaria) y reducir la corrosión interna de la misma; c) la suavización del alimento, pre-cocción, la

facilitación de operaciones preliminares como el pelado, la remoción de sabores y olores no deseables y mejorar la limpieza del producto.

Cocción, proceso térmico en el cual se exponen los productos al calor hasta modificar sus propiedades físicas (aspecto, color, textura) y composición química (aroma, sabor y eliminación de algunas sustancias tóxicas termolábiles), para hacerlos más apetitosos, digestivos y microbiológicamente seguros. En la mayoría de los alimentos envasados, la cocción se completa con la esterilización.

Pasteurización, método para destruir o reducir drásticamente los microorganismos patógenos o causantes del deterioro, sobre todo en materiales sensibles al calor. Se logra calentando a 80°C durante 15 segundos. Es un método utilizado básicamente para productos fluidos.

Esterilización comercial, dado que no es posible conseguir una esterilización absoluta conservando los atributos de calidad de los productos, los procesos térmicos aplicados para conseguir la conservación segura de los alimentos, se rigen por el concepto de esterilización comercial, con la cual se logra la inactivación o inhibición de microorganismos o sus esporas, evitando su crecimiento, para evitar las posibilidades de daño al alimento o problemas de salud en las condiciones normales de almacenamiento. La temperatura varía de los 115° a los 121°C, se realiza bajo presión y está en función del tipo de alimento.

Se ha observado que, existe un interés del consumidor cada vez mayor por el valor nutricional y funcional que poseen las frutas y hortalizas, por lo que siempre está presente la preocupación por los cambios que sufren estos alimentos a causa del procesamiento.

Son pocos los estudios publicados en los que se comparan los cambios producidos en los nutrientes de los vegetales procesados y los productos frescos, pero todos coinciden en que la vitamina C, la vitamina B y los compuestos

fenólicos invariablemente se pierden o degradan con el procesamiento entre un 20% y un 70% (almacenamiento, pelado, escaldado y procesamiento térmico) (Bosquez y Colina, 2012).

Bajo este contexto, y en el caso particular del presente estudio, se exploró el efecto que puede tener el tratamiento térmico sobre las propiedades hipoglucemiantes de frutos de chilacayote.

---

### ***III. Justificación***

Para contribuir con las investigaciones referentes al efecto hipoglucemiante de *C. ficifolia* se requiere conocer la influencia del procesamiento térmico sobre la propiedad funcional de los frutos, en virtud de que esta especie se utiliza en la preparación de diversos platillos, bebidas y postres en la cocina tradicional Mexicana. Por lo que el presente estudio permitirá sentar las bases para posteriormente optimizar los factores necesarios para la elaboración de un alimento o bebida funcional.

### ***IV. Hipótesis***

El procesamiento térmico aplicado a los frutos de *C. ficifolia* no afecta su capacidad hipoglucemiante, independientemente de su estado de desarrollo.

---

## V. *Objetivos*

### 5.1. General

Determinar la influencia del procesamiento térmico en la capacidad hipoglucemiante de frutos de *C. ficifolia* de dos estados de desarrollo.

### 5.2. Específicos

- Caracterizar los estados de desarrollo de los frutos y establecer las condiciones de tratamiento térmico.
- Estandarizar la metodología para la obtención de los extractos de los frutos frescos y tratados térmicamente.
- Determinar la capacidad hipoglucemiante de los frutos procesados térmicamente.

---

## VI. Metodología

### 6.1. Material biológico

Se emplearon frutos de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché) procedentes de Atitalaquia, estado de Hidalgo. Para el estudio se consideraron dos estados de desarrollo: inmaduros (aproximadamente de tres semanas de edad desde el amarre del fruto) y maduros (aproximadamente de tres meses). A los frutos recolectados se les hicieron pruebas físicas y químicas, que se describen a continuación.

#### 6.1.1. Pruebas físicas.

**Peso y dimensiones.** Los frutos se pesaron utilizando una balanza marca Velab (100 mg – 5000 g). Las dimensiones se obtuvieron midiendo con una cinta métrica el perímetro longitudinal (redondeando el fruto a partir del pedúnculo) y ecuatorial (redondeando la parte central del fruto entre el pedúnculo y el cáliz) así como los diámetros del fruto cortado por la mitad (longitudinal y ecuatorial).

#### 6.1.2. Pruebas químicas

Previo a realizar las pruebas químicas, los frutos se lavaron con detergente y agua potable y se secaron con un pañuelo de algodón limpio. Para realizar las pruebas a los frutos de chilacayote, se siguió el protocolo descrito en el manual publicado por Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2009) y son las siguientes:

- **Firmeza.** Se utilizó un penetrómetro manual para frutas. El puntal del penetrómetro se ubicó en los lados opuestos y en la parte central entre el

pedúnculo y el cáliz del fruto. Para los frutos inmaduros el puntal se introdujo en dos sitios diferentes a los que se les eliminó, con un pelador de acero inoxidable, una parte del exocarpo (2 cm<sup>2</sup> aprox.). Para los frutos maduros, se tomaron tres medidas eliminando la cáscara de manera cuidadosa con un cuchillo. Los valores se reportan en Newtons (N).

- **Jugo.** Se obtuvo con un extractor eléctrico marca Breville de 850 watts y 12000 rpm. Cabe mencionar que los frutos inmaduros se emplearon enteros y a los frutos maduros se les eliminó el exocarpo y las semillas para obtener el jugo de la pulpa.
- **°Brix (°Bx).** Se determinaron utilizando un refractómetro de mano de escala 0-30% a 20°C, el cual primero se calibró con agua destilada y se procedió a colocar una gota de jugo de chilacayote.
- **Acidez titulable (método volumétrico).** Se tomaron 10 mL de jugo de chilacayote con una pipeta volumétrica, se colocaron en un matraz erlenmeyer y se diluyeron con 40 mL de agua destilada. Posteriormente, se agregaron unas gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N. La titulación se detuvo al vire color rosado de la fenolftaleína, registrando el volumen de gasto de la solución de NaOH. La ecuación empleada para calcular el porcentaje de ácido málico es la siguiente:

$$\text{Acidez titulable (\%)} = \frac{(\text{mL de gasto} * \text{factor del ácido} * 100)}{\text{mL de muestra}}$$

Para calcular la acidez titulable del jugo de chilacayote, se utilizó el valor meq correspondiente para ácido málico, de 0.067.

- **pH.** Se determinó directamente sobre una muestra de 10 mL de jugo de chilacayote, utilizando un potenciómetro marca Conductronic (pH120) previamente calibrado con soluciones de pH 4, 7 y 11.

## 6.2. Tratamientos térmicos

Una vez clasificados los frutos, se les aplicó el tratamiento térmico de acuerdo al uso tradicional que se le da en cada caso, esto es, incorporado como ingrediente a un guisado (frutos inmaduros) o preparado como bebida (frutos maduros).

### 6.2.1. Cocción

La aplicación del tratamiento térmico a los frutos inmaduros se realizó con el propósito de lograr su cocción, las condiciones aplicadas fueron cocción por inmersión en agua a ebullición (92.5°C) y cocción a vapor de agua en ebullición, ambos por diferentes tiempos. El diseño de tratamientos aplicados se indica a continuación:

**Cuadro 1.** Diseño de tratamientos térmicos para frutos inmaduros de *C. ficifolia*

Factores	Niveles
<i>Tratamiento térmico (cocción)</i>	a) inmersión en agua en ebullición (92.5 °C)
	b) Vapor
<i>Tiempo</i>	10, 15 y 20 min

### 6.2.2. Esterilización

Como se ha mencionado anteriormente, en la parte central de México, principalmente en el estado de Hidalgo, se prepara una bebida denominada como

“tradicional”, mientras que en otros lugares es utilizado como ingrediente principal para elaborar agua fresca endulzada con piloncillo. Considerando lo anterior se realizó un jugo envasado y esterilizado, cuyo tratamiento térmico se indica en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2.** Diseño de tratamiento térmico para frutos maduros de *C. ficifolia*

Factores	Niveles
<i>Tratamiento térmico</i>	Esterilización comercial (121°C, 15 min)

### 6.3. Obtención de los extractos

Tras la caracterización fisicoquímica y aplicación del tratamiento térmico a los frutos inmaduros y maduros de *C. ficifolia*, se plantearon dos metodologías diferentes a seguir para la obtención de los extractos.

#### 6.3.1. Extractos de fruto inmaduro

Se utilizaron seis frutos inmaduros de *C. ficifolia*, se picaron enteros en cubos pequeños (1 cm<sup>2</sup> aprox.) y se pesaron muestras de 100 g por duplicado, tanto para las muestras en fresco como para las muestras de los frutos cocidos en inmersión en agua y a vapor. Las muestras se procesaron con un homogeneizador de inmersión manual marca Oster (250 W, mod. 2609), obteniendo una mezcla tipo puré, la cual se filtró con tela de organza (**R**<sub>1</sub> = rendimiento 1), consiguiendo así el extracto que posteriormente fue liofilizado (**RF**). Se obtuvieron 3 tipos de extractos liofilizados, el extracto fresco (EFFI), extracto de fruto cocido en agua (EFICA) y de fruto cocido a vapor (EFICV).

### 6.3.2. Extractos de fruto maduro

Dos frutos maduros de *C. ficifolia* se lavaron, pelaron y se obtuvo el jugo con un extractor eléctrico. Posteriormente, el jugo se filtró con tela de organza ( $R_1$ ), se pesó y midió el volumen, se envasó en frascos de vidrio y finalmente se esterilizaron a 121°C por 15 min, en una olla a presión marca PRESTO (15 L) con agua a 1/3 de su capacidad. Se obtuvieron dos extractos liofilizados (**RF**), el de jugo fresco (EJFFM) y jugo esterilizado (EJEFM).

**Cálculo de rendimiento ( $R_1$ ).** Tras la filtración del jugo, se determinaron el volumen y peso de las muestras tanto en fresco como de los tratamientos aplicados a los frutos en diferente estado de desarrollo y se calcularon los rendimientos de la siguiente forma:

$$R_1 (\% p/p) = \frac{(\text{Peso del jugo filtrado [extracto]})}{(\text{Peso de fruto fresco})} * 100$$

### 6.3.3. Extractos liofilizados

Se realizó una prueba preliminar con la finalidad tener una aproximación de rendimiento y así optimizar el uso del equipo respecto al volumen y tiempo para liofilizar los extractos. Para realizar los correspondientes cálculos, se consideró la dosis de 400 mg/kg así como el número de animales de experimentación:

Peso promedio de un ratón (supuesto): 50 g (0.05 kg)

Dosis: 400 mg/kg de peso corporal

Ratones por tratamiento: n = 4

$$\text{dosis por ratón} = \frac{(0.05 \text{ kg}) * (400 \text{ mg})}{1 \text{ kg}} = 20 \text{ mg}$$

$$\text{ratones por tratamiento} = (20 \text{ mg} * 4) = 80 \text{ mg} \Rightarrow 100 \text{ mg}$$

De la prueba de liofilización se obtuvieron diferentes rendimientos de los cuales se calculó un promedio cuyo valor aproximado es de 58.9 mg/mL, con este dato se realizaron los cálculos siguientes:

$$\text{volumen a liofilizar} = \frac{(100 \text{ mg} * 1 \text{ mL})}{58.9 \text{ mg}} = 1.69 \text{ mL} \Rightarrow 2 \text{ mL}$$

Considerando los errores que pudieran existir se estableció un volumen a liofilizar de 4 mL por duplicado. De esta manera, se pesó y colocó cada mililitro de extracto en tubos Eppendorff, posteriormente el volumen así repartido se congeló en un ultra congelador (-80°C) marca Sanyo scientific (MDF-U53VA), colocando los tubos de manera horizontal (con la finalidad de mejorar la superficie de contacto para aumentar la velocidad de sublimación del agua). Al momento de realizar la liofilización, los tubos se taparon con parafilm haciendo sobre éste pequeñas incisiones (para facilitar la migración del vapor) y se colocaron en una base diseñada a partir de las medidas del colector (Figura 1), el cual se conectó a la liofilizadora (Labconco freezezone 4.5) a las condiciones de temperatura (-40°C) y vacío ( $133 \times 10^{-3}$  mBar). Con estas especificaciones, el proceso de liofilización se realizó durante 12 h, después de este tiempo, los extractos liofilizados se almacenaron a temperatura ambiente en un recipiente hermético con desecante dentro. La determinación del rendimiento de liofilización (**RF**) se hizo con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{RF} (\%p/p) = \frac{(\text{Peso del extracto liofilizado})}{(\text{Peso de fruto fresco})} * 100$$



**Figura 1.** Montaje del contenedor con las muestras a liofilizar.

En la Figura 2 se muestra la metodología seguida para la obtención de los extractos.

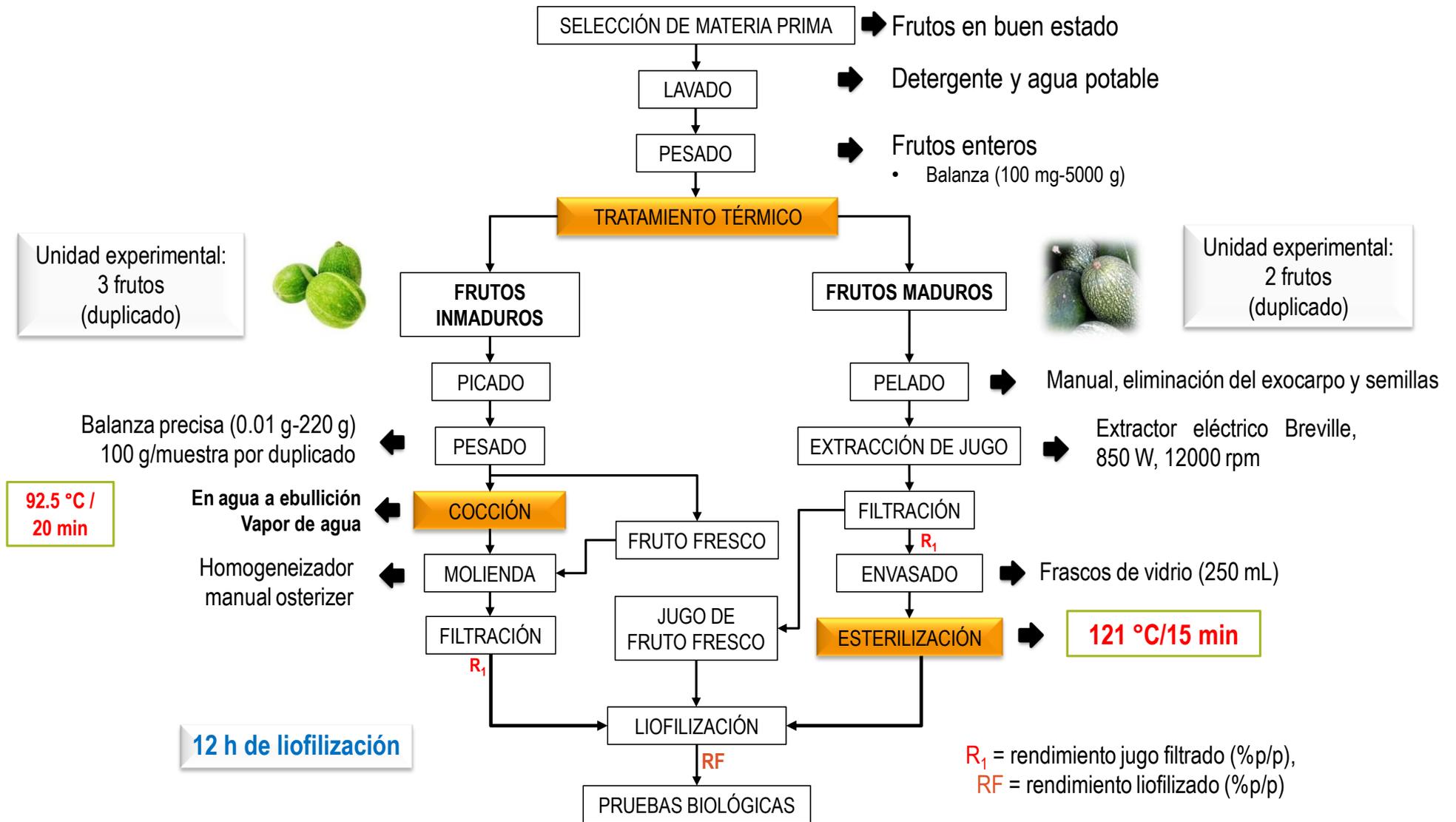


Figura 2. Metodología de la aplicación del tratamiento térmico y obtención de extractos de los frutos de *C. ficifolia*

## 6.4. Pruebas biológicas

### 6.4.1. Preparación de los ratones

Para evaluar el efecto hipoglucémico de los extractos de *C. ficifolia*, se realizó un estudio agudo para determinar los efectos de cada extracto a diferentes dosis, con ratones normoglucémicos machos *Mus musculus* (CD-1) de  $30.0 \pm 5.0$  g de peso del bioterio de la UAM-iztapalapa, mantenidos con una dieta básica para roedores y ciclos de luz-oscuridad 12x12 h. Se formaron grupos con 4 animales cada uno, dispuestos de la siguiente manera para la administración de los tratamientos:

1. Control negativo: Tween 20. Dosis: 4 mL/kg de peso corporal.
2. Control positivo: Glibenclamida. Dosis: 10 mg/kg de peso corporal.
3. Extracto del fruto fresco inmaduro (EFFI)
4. Extracto del fruto inmaduro cocido en agua (EFICA)
5. Extracto del fruto inmaduro cocido a vapor (EFICV)
6. Extracto de jugo fresco del fruto maduro (EJFFM)
7. Extracto de jugo esterilizado del fruto maduro (EJEFM)

Debido a que la glibenclamida no se disuelve en agua (en su estructura química posee sustituyentes no polares y grupos lipofílicos), es que se utilizó Tween 20 (al 5%) como control negativo y por lo tanto todos los tratamientos fueron disueltos en dicha solución.

### 6.4.2. Dosis y vía de administración

Se realizó un estudio de dosis-respuesta de los extractos utilizando concentraciones de los extractos de 200, 400 y 600 mg/kg de peso corporal. Los tratamientos fueron administrados a los ratones vía IP, sometidos a un ayuno previo de 12 h. Los ratones se pesaron un día antes y se calculó un promedio por

grupo (n=4), por lo tanto, las cantidades a dosificar de los tratamientos se calcularon de la siguiente manera:

Tratamiento: **Tween 20 (5%)**

Peso promedio del grupo (g): 32.25  $\Rightarrow$  0.03225 kg

Dosis: 4 mL/kg de peso corporal

$$Tween\ 20 = \frac{(0.03225\ kg) * (4\ mL)}{1\ kg} = 0.13\ mL * 4 = \mathbf{0.52\ mL}$$

Tratamiento: **Glibenclamida**

Peso promedio del grupo (g): 32.75  $\Rightarrow$  0.03275 kg

Dosis: 10 mg/kg de peso corporal

$$Glibenclamida = \frac{(0.03275\ kg) * (10\ mg)}{1\ kg} = 0.3275\ mg * 4 = 1.31\ mg$$

Debido a las especificaciones del reactivo, por cada 5.976 g se tienen 250 mg de glibenclamida, entonces:

$$Glibenclamida = \frac{(1.31\ mg) * (5.976\ g)}{250\ mg} = \mathbf{0.0313\ g/0.52\ mL\ de\ Tween}$$

Tratamiento: **Extractos de *C. ficifolia* (ejemplo: EFFI)**

Peso promedio del grupo (g): 33.25  $\Rightarrow$  0.03325 kg

Dosis: 200 mg/kg de peso corporal

$$EFFI = \frac{(0.03325\ kg) * (200\ mg)}{1\ kg} = 6.65\ mg * 4 = \mathbf{26.6\ mg/0.52\ mL\ de\ Tween}$$

De acuerdo con esta fórmula es como se calcularon las cantidades de todos los extractos para ser dosificados a los ratones.

### **6.4.3. Medición de la glucemia**

Tras la administración de los tratamientos, se tomaron muestras a los 0, 120, 240 y 360 minutos obtenidas por punción de la vena caudal de la cola del ratón y se determinó la glucemia con un glucómetro comercial y con tiras reactivas Accu-Check Performa de Roche<sup>MR</sup>.

### **6.4.4. Análisis estadístico**

Para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey.

---

## VII. Resultados y discusión

### 7. 1. Caracterización de los frutos de *C. ficifolia* Bouché

Los resultados obtenidos de la caracterización física y química se presentan en las Tablas 3 y 4.

---

**Tabla 3.** Características físicas de los frutos de *C. ficifolia*

---

Frutos	Perímetro (cm)		Diámetro (cm)		Peso (g)
	Ecuatorial	Longitudinal	Ecuatorial	Longitudinal	
Inmaduros	23.0±2.3	25.0±2.5	7.0±1.0	8.0±1.0	208.0±54.0
Maduros	40.0±3.0	50.0±5.0	12.0±1.0	16.0±2.0	1091.0±274.0

---

---

**Tabla 4.** Características químicas de los frutos de *C. ficifolia*

---

Frutos	Firmeza (N)	°Bx	pH	Acidez (% ácido málico)
Inmaduros	24.0±5.0	4.2±0.5	6.2±0.2	0.06±0.005
Maduros	58.0±3.0	6.2±0.4	6.0±0.3	0.08±0.003

---

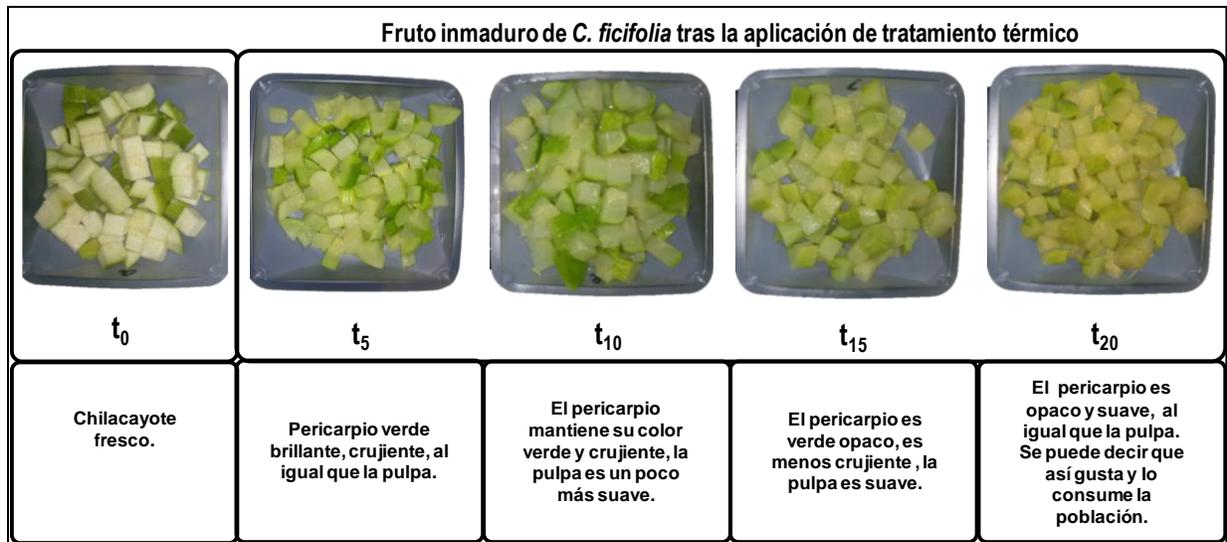
De los datos obtenidos en la Tabla 3, se desprende que la forma de los frutos es ovoidal, ya que su índice de relación  $D_L/D_E$  es de  $1.2±0.02$  para los frutos inmaduros y  $1.3±0.07$  para los frutos maduros, lo que nos podría indicar que dicha forma se mantiene hasta el estado maduro. Este parámetro es importante, debido a que son utilizados para cuantificar el crecimiento de un fruto (Barceló y cols., 1998). Respecto al peso, se puede apreciar que los frutos maduros son aproximadamente cinco veces más grandes que los frutos inmaduros.

En relación con las características químicas determinadas, la firmeza y los °Bx, fueron los únicos parámetros en los que se observaron diferencias respecto a los estados de desarrollo. La firmeza se relaciona con la fuerza necesaria para penetrar un tejido; usualmente conforme un fruto se va desarrollando hay cambios debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, se reduce el contenido de fibra por lo que no sólo hay cambios respecto a la firmeza, sino que también aumenta la concentración de azúcares (Agustí, 2010). Lo esperado es que un fruto inmaduro tenga mayor resistencia para ser penetrado en sus tejidos y menor concentración de azúcares y un fruto maduro, menor resistencia y mayor concentración de azúcares. En el caso de *C. ficifolia*, si hay aumento en su contenido de azúcares, sin embargo, la firmeza aumenta debido a que el fruto maduro es muy fibroso.

En cuanto al pH y la acidez, se puede observar que estos parámetros no cambian conforme el fruto se va desarrollando.

## **7.2. Condiciones de los tratamientos térmicos**

En particular para el caso de los frutos inmaduros, se establecieron por apreciación sensorial según el criterio y experiencia de consumidores habituales de esta hortaliza. Por ello, para decidir cuál era el tiempo de cocción en el que los frutos tienen la consistencia que la población prefiere en los diversos platillos, se realizó una encuesta informal de apreciación de los frutos inmaduros cocidos considerando básicamente la firmeza y suavidad al masticar, así como el color de los mismos. Con base en los resultados, se determinó que el mejor tiempo de cocción en agua y a vapor fue de 20 min, como se puede apreciar en la Figura 3.



**Figura 3.** Apreciación de los frutos inmaduros sometidos a cocción.

### 7.3. Estandarización de la metodología para la obtención de los extractos de *C. ficifolia*.

Esta etapa se definió considerando tiempo, rendimientos y resultados de las pruebas biológicas. Con respecto al primero, el tiempo para la obtención de los extractos es breve, ya que el fruto de *C. ficifolia* no se deshidrata ni macera en algún disolvente. En la Tabla 5 se muestran los rendimientos obtenidos, así como la cantidad de extracto obtenido por tratamiento con la que se realizaron las pruebas biológicas.

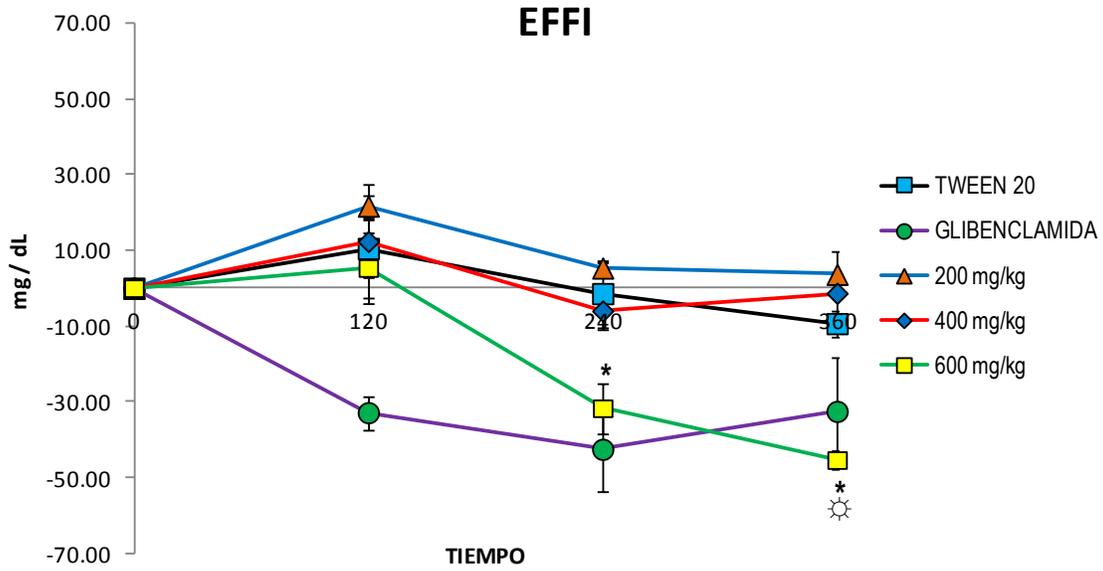
**Tabla 5.** Rendimientos de los extractos liofilizados

Tratamiento	$R_1$ (%p/p)	RF (%p/p)	Extracto liofilizado (mg/mL)
Fruto fresco inmaduro	80.1±0.09	4.0±0.002	41.0±2.0
Fruto inmaduro cocido en agua	50.3±1.10	2.6±0.002	25.0±2.0
Fruto inmaduro cocido a vapor	44.2±2.30	4.3±0.001	43.0±1.0
Jugo fresco del fruto maduro	35.1±4.10	6.3±0.003	63.0±3.0
Jugo esterilizado del fruto maduro	35.1±4.10	5.5±0.002	55.0±2.0

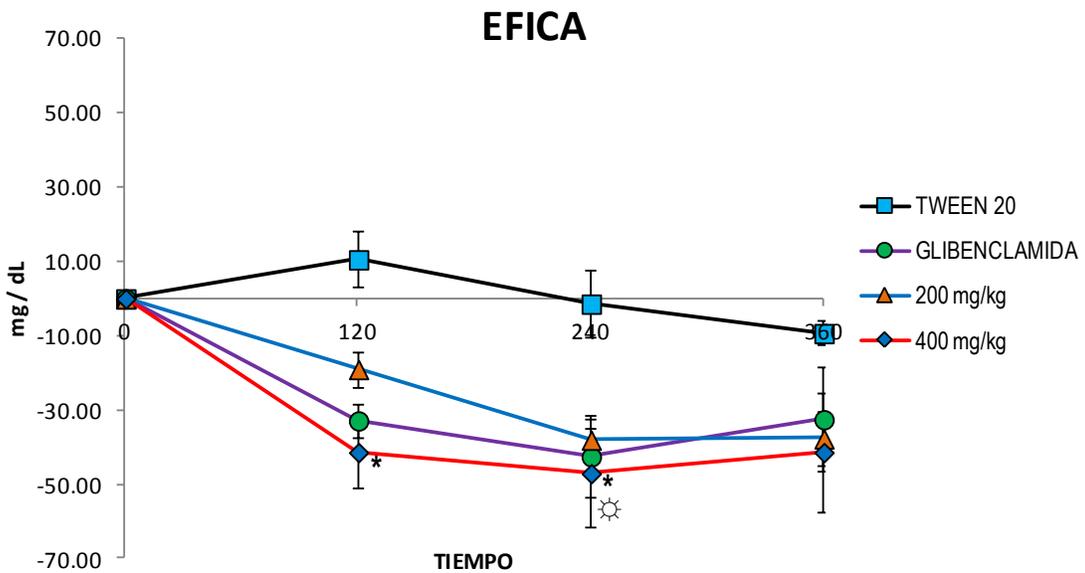
Los resultados que se indican en la Tabla 5 muestran los valores de  $R_1$  de los frutos inmaduros de *C. ficifolia* cocidos por inmersión en agua y a vapor varían respecto al fresco, lo que en ambos casos significa que existe pérdida de agua, lixiviación o solubilización de sólidos al aplicar el tratamiento térmico a dichos frutos, lo que incide de manera directa sobre los valores de RF, que es el rendimiento tras la obtención del extracto. En el caso de los frutos maduros,  $R_1$  es bajo debido a que en el proceso de obtención del jugo, merma materia vegetal como la cáscara, semillas y bagazo. Los valores de RF son muy parecidos siendo menor el valor del jugo esterilizado respecto al fresco, causado quizá por la degradación de compuestos estructurales, probablemente carbohidratos.

#### **7.4. Pruebas biológicas**

En la Figura 4 se muestran los resultados del efecto hipoglucémico del extracto de fruto fresco inmaduro (EFFI) en ratones normoglucémicos. Sólo la dosis de 600 mg/kg de peso corporal redujo la glucemia de manera significativa a los 240 y 360 min ( $p < 0.05$ ) respecto al control negativo (Tween 20). Por su parte, en la Figura 5 se observa que el extracto del fruto cocido en agua (EFICA) a dosis de 400 mg/kg de peso corporal a los 120 y 240 minutos reduce de manera significativa la glucemia respecto al Tween 20. Ambos tratamientos (EFFI y EFICA) también redujeron la glucemia significativamente con respecto a su glucemia basal (Figuras 4 y 5, respectivamente).



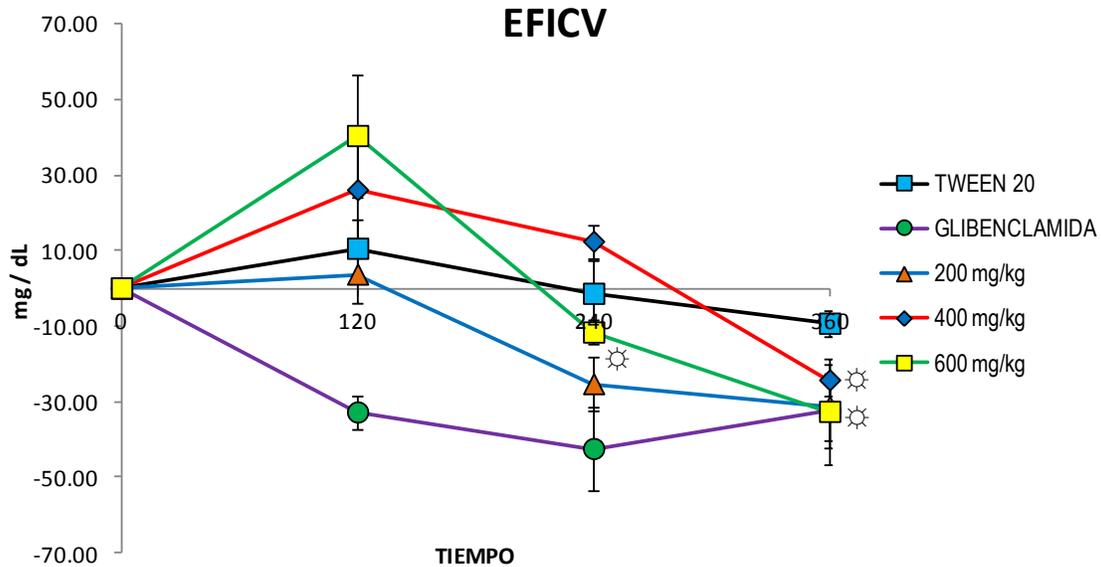
**Figura 4.** Disminución de la glucemia por la administración intraperitoneal de diferentes dosis del extracto de fruto fresco inmaduro. Diferencia estadísticamente significativa con respecto a: ☼Glucemia inicial, \*Control negativo (Tween 20).



**Figura 5.** Disminución de la glucemia por la administración intraperitoneal de diferentes dosis del extracto fruto inmaduro cocido en agua. Diferencia estadísticamente significativa con respecto a: ☼Glucemia inicial, \*Control negativo (Tween 20).

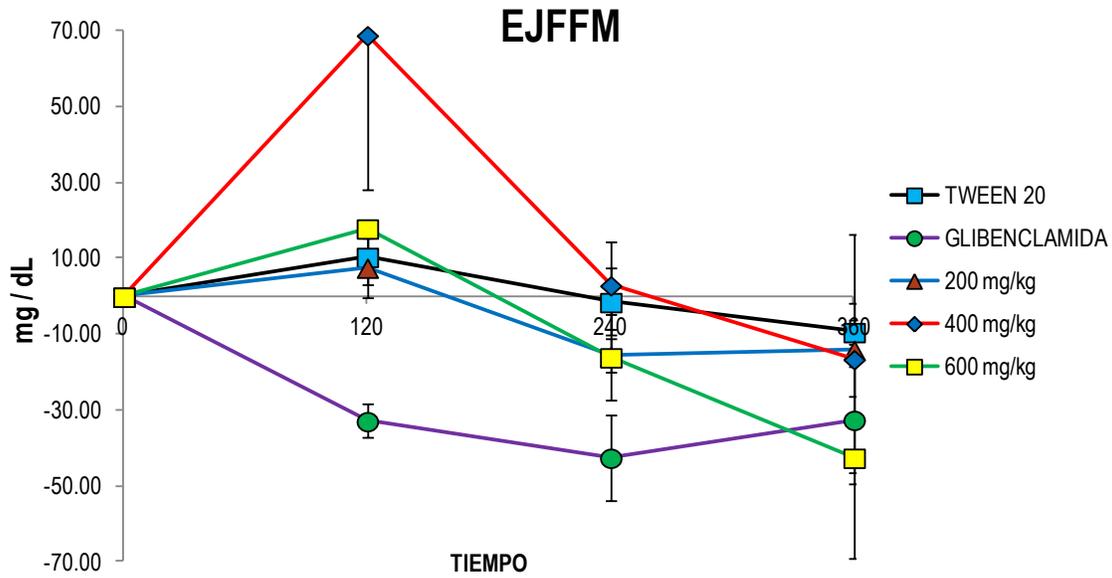
En el caso del grupo al que se le administró el extracto de fruto inmaduro cocido a vapor (EFICV), sólo se encontró diferencia significativa respecto a la

glucemia basal en las dosis de 400 y 600 mg/kg de peso corporal, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

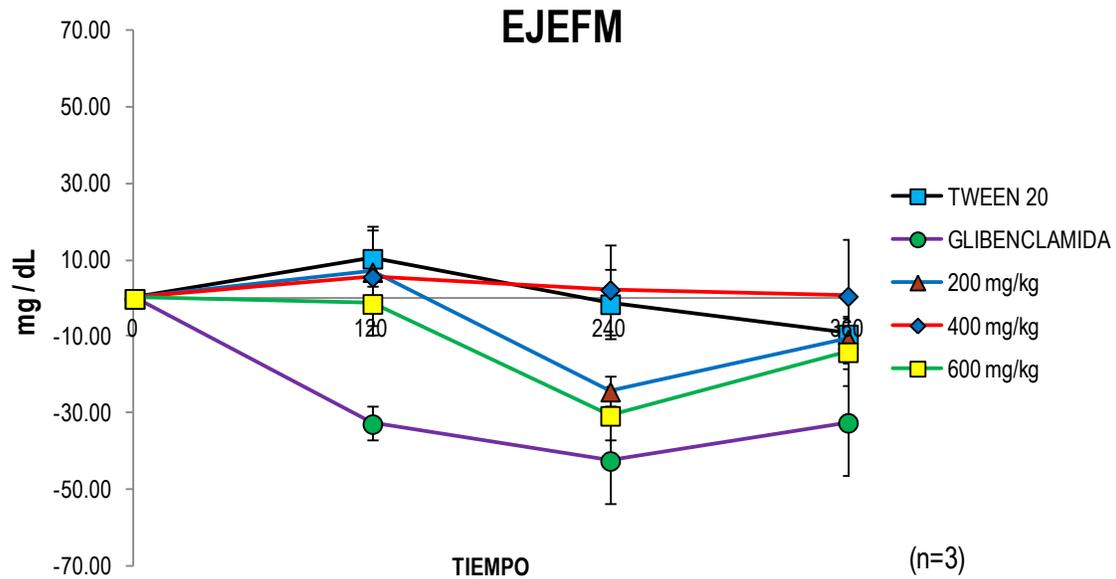


**Figura 6.** Disminución de la glucemia por la administración intraperitoneal de diferentes dosis del extracto de fruto inmaduro cocido a vapor. Diferencia estadísticamente significativa con respecto a: ☼Glucemia inicial, \*Control negativo (Tween 20).

Respecto a los extractos de los frutos maduros, tanto el fresco (EJFMM) como el jugo esterilizado (EJEFM) tuvieron efecto hipoglucemiante, aunque no hubo diferencia significativa en ninguno de los dos casos (Figura 7 y 8, respectivamente). Sin embargo, el extracto de fruto fresco maduro resultó ser tóxico a dosis de 400 y 600 mg/kg de peso corporal, provocando el deceso de algunos animales a partir de los 120 min.



**Figura 7.** Disminución de la glucemia por la administración intraperitoneal de diferentes dosis del extracto del jugo de fruto fresco maduro. Diferencia estadísticamente significativa con respecto a: ☼Glucemia inicial, \*Control negativo (Tween 20).



**Figura 8.** Disminución de la glucemia por la administración intraperitoneal de diferentes dosis del extracto del jugo esterilizado de fruto maduro. Diferencia estadísticamente significativa con respecto a: ☼Glucemia inicial, \*Control negativo (Tween 20).

Como puede observarse en las figuras, existe un efecto dosis dependiente con los tratamientos administrados a ratones normoglucémicos.

Por otro lado, en la Tabla 6 se muestra el porcentaje de disminución de la glucemia producido por cada tratamiento, el cual fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Disminución (\%)} = \frac{(G_t - G_0)}{G_0} * 100$$

En donde:

$G_t$  = glucemia a cualquier tiempo.

$G_0$  = glucemia al tiempo 0.

**Tabla 6.** Porcentaje de disminución de la glucemia

TRATAMIENTO	TIEMPO (min)		
	120	240	360
Tween 20	12.03±8.47	-0.47±9.75	-9.46±2.87
Glibenclamida	-28.54±2.24	<b>-36.35±6.75</b>	-26.90±10.33
EFFI (200 mg/kg)	32.23±6.42	7.39±0.95	3.93±7.57
EFFI (400 mg/kg)	12.72±16.09	-7.52±5.89	-2.27±6.29
EFFI (600 mg/kg)	4.69±7.60	-26.40±4.57	<b>-38.32±1.30</b>
EFICA (200 mg/kg)	-14.82±3.95	-29.67±3.06	-28.79±4.11
EFICA (400 mg/kg)	<b>-32.12±4.44</b>	<b>-36.27±8.00</b>	<b>-31.24±8.95</b>
EFICV (200 mg/kg)	4.09±7.42	-21.11±5.02	-26.14±6.16
EFICV (400 mg/kg)	23.31±13.36	10.72±4.19	-20.94±4.25
EFICV (600 mg/kg)	29.45±11.40	-8.53±2.17	-23.48±6.29
EJFFM (200 mg/kg)	7.59±7.47	-14.74±4.40	-12.37±11.13
EJFFM (400 mg/kg)	60.22±35.32	2.81±10.10	-14.07±28.98
EJFFM (600 mg/kg)	14.39±0.18	-12.37±8.74	-33.01±20.15
EJEFM (200 mg/kg)	7.45±2.01	-25.56±3.90	-11.22±6.46
EJEFM (400 mg/kg)	14.09±18.00	8.19±20.04	7.36±18.47
EJEFM (600 mg/kg)	-1.52±9.41	-32.68±4.20	-14.40±9.05

Se puede apreciar en la tabla que EFFI (600 mg/kg de peso corporal) y EFICA (400 mg/kg de peso corporal) a las 6 y 4 h de haber iniciado el estudio, muestra resultados similares a la glibenclamida.

---

## VIII. Conclusiones

- Se estandarizó la metodología para la obtención de los extractos de frutos frescos, cocidos y jugo de *C. ficifolia*.
- Los extractos obtenidos del fruto **inmaduro cocido a vapor** (EFICV), de **jugo de fruto fresco maduro** (EJFFM) y **jugo esterilizado** (EJEFM) mostraron tendencia a reducir la glucemia en las diferentes dosis, pero las diferencias con respecto al control (tween 20) no fueron estadísticamente significativas.
- El extracto de fruto **inmaduro cocido en agua** (EFICA) a dosis de 400 mg/kg tuvo diferencia estadísticamente significativa tanto con respecto a la glucemia inicial como con respecto al control (tween 20).
- El extracto de fruto **inmaduro fresco** (EFFI) a dosis de 600 mg/kg tuvo diferencia estadísticamente significativa con respecto a la glucemia inicial.
- Los extractos obtenidos del fruto inmaduro fresco (600 mg/kg) y del cocido en agua (400 mg/kg), tienen porcentaje de disminución de la glucosa equivalente a la glibenclamida (10 mg/kg).
- El tratamiento térmico afecta de forma negativa la propiedad hipoglucemiante de los frutos de *C. ficifolia*, por lo tanto la disminución depende tanto del estado de madurez del fruto como el tipo de tratamiento térmico aplicado.

---

## IX. Bibliografía

1. Acosta, P.J.L, Jiménez, B.E., Juárez, O.M.A., Díaz, Z.J.C. (2001). Hypoglycemic action of *Cucurbita ficifolia* on type 2 diabetic patients with moderately high blood glucose levels. *Journal of Ethnopharmacology*, 77:99-101.
2. Aguilar, A., Camacho, J.R., Chino, S., Jáquez, P., López, M.E. (1994). *Herbario Medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social*. Instituto Mexicano del Seguro Social, México. 218 páginas.
3. Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 507 páginas.
4. Alarcón, A.F.; Hernández, G.E.; Campos, S.A.; Xolalpa, M.S.; Rivas, V.J.; Vázquez, C.L.; Román, R.R. (2002). Evaluation of the hypoglycemic effect of *Cucurbita ficifolia* Bouché (*Cucurbitaceae*) in different experimental models. *Journal of Ethnopharmacology*, 82:185-189.
5. Ángeles, M.S. (2009). Tesis de maestría: Efecto de *Cucurbita ficifolia* sobre la vía redox de GSH en diabetes experimental. Posgrado en Biología Experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
6. Banderas, D.T. (2012). Tesis de doctorado: Actividad hipoglucemiante, antioxidante y antiinflamatoria de *Cucurbita ficifolia* Bouché, *Ibervillea sonora* Greene y *Psacalium peltatum* (H.B.K.) Cass., plantas usadas en el control de la diabetes *mellitus*. Posgrado en Biología Experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

7. Barceló, C.J., Nicolás, R.G., Sabater, G.B., Sánchez, T.R. (1998). Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid. 662 páginas.
8. Bosquez, M.E., Colina I.M. (2012). Procesamiento térmico de frutas y hortalizas. Editorial Trillas, México. 233 páginas.
9. Cerón, G.L. (2010). Tesis de doctorado: Caracterización de calabazas (*Cucurbita* spp.) mexicanas como fuente de resistencia al *Cucumber mosaic virus* (CMV). Posgrado en Horticultura. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
10. Cerón, G.L., Legaria, S.J.P., Villanueva, V.C., Sahagún, C.J. (2010). Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp.). Revista Fitotecnia de México, 33:189-196.
11. CONABIO (2015). Disponible en:  
<http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/calabaza.html>  
Consultada el 02 de octubre de 2015.
12. CONABIO (2013). Disponible en:  
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cucurbitaceae/cucurbitaficifolia/fichas/ficha.html> Consultada el 28 de septiembre de 2015.
13. Díaz, F.M., Ángeles, M.S., Baeza, G.L., Medina, N.R., Hernández, S.D., Ortega, C.C., Román, R.R., Cruz, M., Alarcón, A.F. (2012). Effect of an aqueous extract of *Cucurbita ficifolia* Bouché on the glutathione redox cycle in mice with STZ-induced diabetes. Journal of Ethnopharmacology, 144:101-108.

14. FAO (1992). CULTIVOS MARGINADOS. Otra perspectiva de 1492. Colección FAO: Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 345 páginas.
15. FAO (2007). Hortalizas. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdroom/contenido/libro11/cuadro1.ht> Consultada el 02 de octubre de 2015.
16. Fortis, B.A. (2013). Tesis de doctorado: Efecto de *Cucurbita ficifolia* sobre el estrés oxidativo, inflamación y activación de PKB en adipocitos 3T-3-L1. Posgrado en Biología Experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
17. Fortis, B.A., Alarcón, A.F., Banderas, D.T., Díaz, F.M., Román, R.R., Cruz, M., García, M.R. (2013). *Cucurbita ficifolia* Bouché (Cucurbitaceae) and D-*chiro*-inositol modulate the redox state and inflammation in 3T3-L1 adipocytes. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 65:1563-1576.
18. Fortis, B.A., García, M.R., Almanza, P.J.C., Blancas, F.G., Zamilpa, A.A., Flores, S.J.L., Cruz, M., Román, R.R., Alarcón, A.F.J. (2017). *Cucurbita ficifolia* (Cucurbitaceae) modulates inflammatory cytokines and IFN- $\gamma$  in obese mice. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 95:170-177.
19. García, G.J. (2017). Tesis de doctorado: Caracterización química de *cucurbita ficifolia* Bouché y su efecto hipoglucémico mediado por almacenamiento del glucógeno hepático. Posgrado en Biología Experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

20. García G.J, García, L.M., Zamilpa, A., Almanza, P.J.C., Jasso, V.I., Román, R.R. Alarcón, A.F.J. (2017). Chemical characterization of a hypoglycemic extract from *Cucurbita ficifolia* Bouche that induces liver glycogen accumulation in diabetic mice. *African Journal Traditional and Alternative Medicines*, 14: 218-230.
21. Kawa, J.M., Przybylki, R., Taylor, C.G. (2003). Urinary chiro-inositol and myo-inositol excretion is elevated in the diabetic db/db mouse and streptozotocin diabetic rat. *Experimental Biology and Medicine*, 228:907-914.
22. Larner, J., Brautigan, D.L., Thorner, M.O. (2010). D-chiro-inositol glycans in insulin signaling and insulin resistance. *Journal of Molecular Medicine*. 16:543-552.
23. Mera, O.L., Bye, B.R., Villanueva, V.C., Luna, M.A. (2011). Documento de diagnóstico de las especies cultivadas de cucurbita L. Editorial Ideograma, México. 79 páginas.
24. Miranda, P.M.E. (2012). Tesis de maestría: Estudio de *Cucurbita ficifolia* Bouché e *Ibervillea Sonorae* Greene como secretagogos de insulina en células RINm5F. Posgrado en Biología Experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
25. Miranda, P.M.E., Escobar, V.M., Ortega, C.C., Sánchez, M.F., Almanza, P.J.C., Alarcón, A.F.J. (2013). *Cucurbita ficifolia* Bouché fruit acts as an insulin secretagogue in RINm5F cells. *International Biotechnology color Journal*, 3:8-14.

26. Miranda, P.M.E., Ortega, C.C., Escobar, V.M., Blancas, F.G., Alarcón, A.F.J. (2016). *Cucurbita ficifolia* Bouché increases insulin secretion in RINm5F cells through an influx of Ca<sup>2+</sup> from the endoplasmic reticulum. *Journal of Ethnopharmacology*, 188:159-166.
27. OECD (2009). Guidelines on objective tests. To determine quality of fruit and vegetables, dry and dried produce. 38 páginas.
28. Román, R.R., Flores, S.J.L., Alarcón, A.F.J. (1995). Anti-hyperglycemic effect of some edible plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 48: 25-32.
29. Román R.R., Almanza J.C., Ángeles S., Banderas T.R., Zamilpa A., Díaz M., Jasso I., Blancas G., Gómez J., Alarcón A.F.J. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory effects of a hipoglycemic fraction from *Cucurbita ficifolia* Bouché in streptozotocin-induced diabetes mice. *The American Journal of Chinese Medicine*, 40:97-110.
30. Salinas, A.N. (2013). Tesis de doctorado: Efecto de la glicina y *Cucurbita ficifolia* Bouché sobre la glicación de proteínas y productos de glicación. Posgrado en Biología Experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
31. SIAP (2013). Uso de tecnología y servicios en el campo. Cuadros tabulares 2013. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/2013/PDF/TECNIFICACION/tecnifica\\_2014.pdf](http://www.siap.gob.mx/wp-content/uploads/2013/PDF/TECNIFICACION/tecnifica_2014.pdf)  
Consultada el 02 de octubre de 2015
32. SIAP (2014). Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Consultada el 02 de octubre de 2015.

33. Soto, C.R. (1994). Proyecto de Investigación: Actividad hipoglucemiante de extractos y fracciones de estos, obtenidos del fruto de *C. ficifolia*. Licenciatura en Biología experimental. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
34. Würschmidt, A.E. (2003). Evidencias prehispánicas de *cucurbitaceas* en un sitio arqueológico en la provincia de Jujuy (Argentina). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, 28:253-255.
35. Xia T., Wang Q. (2006). D-chiro-inositol found in *Cucurbita ficifolia* (Cucurbitaceae) fruit extracts plays the hypoglycemic role in streptozocin-diabetic rats. *Journal pharmacy and Pharmacology*, 58:1527-1532.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

No. 00179

Matrícula: 2161800891

EFFECTO DEL TRATAMIENTO  
TÉRMICO EN LA CAPACIDAD  
HIPOGLUCEMIANTE DE FRUTOS DE  
CHILACAYOTE (*Cucurbita*  
*ficifolia* Bouché)

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 3 del mes de mayo del año 2017 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. ELSA BOSQUEZ MOLINA  
DR. FRANCISCO JAVIER ALARCON AGUILAR  
DR. GERARDO BLANCAS FLORES

siendo los dos primeros asesores de la alumna y lector el tercero, de la Idónea Comunicación de Resultados, se reunieron a evaluar la presentación cuya denominación aparece al margen, para la obtención del diploma de:

ESPECIALIZACION EN BIOTECNOLOGIA

DE: MARIA GUADALUPE JUAREZ PEREZ

y de acuerdo con el artículo 79 fracción II del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

*Aprobar*

Acto continuo, se comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



MARIA GUADALUPE JUAREZ PEREZ  
ALUMNA

REVISÓ

LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

DRA. EDITH PONCE ALQUICIRA

ASESORA

DRA. ELSA BOSQUEZ MOLINA

ASESOR

DR. FRANCISCO JAVIER ALARCON AGUILAR

LECTOR

DR. GERARDO BLANCAS FLORES