

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Atributos de calidad y contenido de compuestos bioactivos en diversos ecotipos de Chiltepín (*Capsicum annum var. L glabriusculum*).

Por:

JUAN MANUEL ZAVALA NAJERA

Tesis

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**Atributos de calidad y contenido de compuestos bioactivos en diversos
ecotipos de Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*).**

Por:

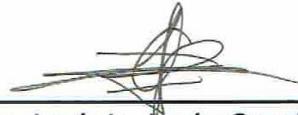
JUAN MANUEL ZAVALA NAJERA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



M.P. Francisco Hernández Centeno
Asesor principal Interno



Dr. José de Jesús Ornelas Paz
Asesor principal externo



M.C. Emilio Ochoa Reyes
Coasesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Atributos de calidad y contenido de compuestos bioactivos en diversos
ecotipos de Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*).

Por:

JUAN MANUEL ZAVALA NAJERA

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Evaluador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

M.P. Francisco Hernández Centeno
Presidente

M.C. María Hernández González
Vocal

M.C. Mildred Inna Marcela Flores
Verástegui
Vocal

M.C. Emilio Ochoa Reyes
Vocal Suplente

Dr. José Dueñez Alanís
Coord. División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2016

Este trabajo se realizó en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., como parte del proyecto titulado “*Diseño y evaluación de un empaque económico para reducir la pérdida de peso, preservar la calidad y extender la vida del chile jalapeño en poscosecha*” (clave CHIH-2008-C01-92267), financiado por el fondo mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Chihuahua, bajo la dirección del Dr. José de Jesús Ornelas Paz (C.I.A.D. A.C, Unidad Cuauhtémoc) y el M.P. Francisco Hernández Centeno (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).

Agradecimientos

Al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Chihuahua, por financiar el presente trabajo, el cual forma parte del proyecto titulado: “*Diseño y evaluación de un empaque económico para reducir la pérdida de peso, preservar la calidad y extender la vida del chile jalapeño en poscosecha*”, con clave CHIH-2008-C01-92267.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. por el apoyo mensual que me otorgaron para la realización de este trabajo de tesis.

Al M.C. **Emilio Ochoa Reyes** técnico de laboratorio de Fitoquímicos, del CIAD-Unidad Cuauhtémoc, por su valioso y dedicado **apoyo técnico**, además de su colaboración durante el tiempo de desarrollo de esta investigación. Por brindarme estancia en su hogar durante el periodo de tiempo de mi investigación.

Al M.P. **Francisco Hernández Centeno** por la información brindada sobre la posibilidad de viajar hasta el CIAD. A.C en Cuauhtémoc para realizar mi investigación.

Doy gracias a mi *alma mater*, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y todas esas personas que me rodearon; en especial a mis amigos y compañeros de la colorada lugar que fue mi hogar durante varios años que duraron mis estudios dentro de la institución, a cada uno de ellos; Erik Serrano (orejón), Luis Alberto (wicho), al pato (Luis Ledesma), a Omar Zamarripa (doctor.), Isaí Ramírez (toto), a Miguel Barbosa (lobo), a Ignacio Villalobos (cofra), a Jesús Cervantes (primaso), a Alejandro Lezo (pechos), Ricardo Bravo (richie), Enrique Serrano (kike), Alberto Lugo (güero), Ramón Hernández (mon), Gerardo Carrera (carre), Bilse Barbosa (abi).

A mis compañeros de la carrera de ingeniero en ciencia y tecnología de alimentos con los que pasé los peores y bellos momentos en mi estancia en la ciudad de Saltillo, Coahuila.

En general les agradezco a mis amigo(a) s de generación, Sergio Mendoza, Omar Tapia, Rubén Ruiz, Mariano Nájera por los momentos de felicidad y angustia que pasamos juntos, por estar conmigo cuando más lo necesite, sin dejar de lado a Eunice Rivera quien me demostró que los verdaderos amigos siempre están en los momentos más difíciles, y a ti Mariana Rivera por ser esa confidente que siempre me escuchó, por cada momento compartido

A ti Guadalupe Torres Venegas por el apoyo moral y sentimental brindado durante los años de amistad convivida, por ser día a día el motor que me daba fuerzas para superarme a mí mismo.

A todos los maestros y técnicos laboratoristas que contribuyeron en mi formación durante mi estancia en la universidad: les estaré eternamente agradecido.

Dedicatorias

A DIOS por permitirme seguir en este mundo a pesar de las dificultades que me ha tocado enfrentar y son las que me han enseñado a formarme como persona, humildemente le dedico este trabajo ya que él me dio la fe y esperanza de concluir este proyecto en mi vida, caminaré siempre con buena voluntad y dando siempre lo mejor que hay en mí, eternamente gracias DIOS por todo lo que haces por mí.

A ti mamá, Verónica Nájera Ramírez, que me has brindado tu apoyo de manera incondicional el cual me da la fuerza y voluntad para seguir superándome día a día de manera profesional; estoy convencido que algún día todo el esfuerzo tendrá su recompensa, gracias por el apoyo que me brindaste en los momentos más difíciles de mi vida.

A ti papá, Pablo Zavala Vargas por ser parte de mi vida y por los valores que me has inculcado a pesar de las dificultades que hemos pasado durante los periodos de mi estudio, por cada palabra de inspiración.

A mis abuelos, que desde niño me forjaron al trabajo diario, y en especial a ti Ma. Natividad Ramírez Mena, por brindarme tu amor y apoyo incondicional, durante todo el transcurso de mi vida, por cada palabra de inspiración.

A todos mis tíos y tías por ser parte de desarrollo como ser humano, a ti Antonio Zavala Vargas por el apoyo económico brindado que me ayudo para seguir estudiando, a ti Socorro Nájera Ramírez por ser la tía que me apoya en cada decisión de mi vida.

A mis hermanos Ana Sonia (chonita), Joan (pollito) y Jesús Ignacio, los cuales son la razón por la cual el día a día me esfuerzo por darles un ejemplo de vida a seguir, gracias por las sonrisas y alegría demostrada cuando iba a visitarlos.

A ustedes primos Isaí y Guadalupe Ramírez quienes fueron mi claro ejemplo para seguir estudiando, por la orientación brindada sobre la decisiones de escoger las instituciones donde realicé mis estudios.

Agradezco especialmente a las siguientes distinguidas personas:

Al Dr. José de Jesús Ornelas Paz responsable del proyecto por aceptarme como su tesista y sobre todo por su comprensión hacia mi persona y su paciencia en el transcurso de este trabajo.

Al M.C. Emilio Ochoa Reyes y al M.P. Francisco Hernández Centeno por la oportunidad y el apoyo brindado para viajar hasta el CIAD. A.C para poder realizar mi investigación, les estaré muy agradecido por darme la oportunidad de concluir este proyecto en mi vida.

Y a todas las personas que laboran en este centro de investigación: administrativos, estudiantes de doctorado, maestría, compañeros tesistas, compañeros que se encuentran realizando su servicio social y trabajadores por su compañía en mi estancia en el centro de investigación.

INDICE GENERAL

LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vi
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA.....	vii
RESUMEN	viii
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 Origen del chile	2
2.1.1 Taxonomía.....	3
2.2 Importancia nutricional del chile	3
2.2.1 Importancia del chile en México.....	4
2.2.2. Chiltepín.....	5
2.3.1. Contenido de compuestos bioactivos en frutos de chile	8
2.4 Carotenoides.....	10
III JUSTIFICACIÓN	12
IV HIPOTESIS.....	13
V OBJETIVOS.....	13
5.1. Objetivo General	13
5.2. Objetivos específicos	13
VI MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
6.1 OBTENCION DE LA MUESTRA	14
6.2 Evaluación de propiedades físicas de chiles.....	16
6.2.1 Medición de color triestímulo	16
6.2.2. Medición de tamaño.....	16
6.2.3. Evaluación de peso.....	16
6.3. Análisis de compuestos bioactivos.....	16
6.3.1. Capsaicinoides.....	16

VII RESULTADOS Y DISCUSION	19
7.1 Características biométricas y color triestímulo	19
7.2. Capsaicinoides.....	24
VIII CONCLUSION	27
IX BIBLIOGRAFIA	28

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Descripción geográfica de los ecotipos de las muestras analizadas	15
--	----

LISTA DE FIGURAS

Fig.1. Estructuras químicas de la capsaicina y dihidrocapsaicina.	9
Fig.2. Principales carotenoides presentes en el chile.....	11
Fig. 3. Longitud de frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos.....	20
Fig. 4. Diámetro de frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos.....	21
Fig. 5. Peso de frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos.	21
Fig. 6. Semillas en frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos.....	22
Fig. 7. Valores de color (L*, a*, b*) de chile chiltepín en diferentes ecotipos.	23
Fig.8. Contenido de capsaicinoides de chiles chiltepín en diversos ecotipos.....	25
Fig.9. Contenido de β -caroteno en frutos de chile chiltepín en diferentes ecotipos.	26

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

HPLC Cromatografía líquida de alta resolución.

UV-Vis Ultra violeta visible.

DAD Detector de arreglo de diodos.

λ MAX Absorción máxima.

BHT Hidroxitolueno butilado.

MTBE Metil terbutil éter.

RESUMEN

Los frutos de chile se distinguen por su variación morfológica y elevada concentración de compuestos bioactivos, como los capsaicinoides y carotenoides, los cuales muestran muchos efectos beneficiosos para la salud humana. Sin embargo, la acumulación de éstos depende del genotipo e interacción con el medio ambiente. En la presente investigación se analizó el contenido de β -caroteno y capsaicinoides en frutos de chile Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*) de seis ecotipos, recolectados en los estados de Sonora y Chihuahua, de regiones con diferente elevación, longitudes y precipitación pluvial. Las determinaciones de compuestos bioactivos se realizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución. Las características biométricas y las variables a^* y b^* de color triestímulo de los frutos analizados variaron significativamente en función del ecotipo. La variable L^* presentó diferencias ligeras, pero significativas, en algunos casos. Se observaron diferencias significativas entre los diferentes ecotipos en cuanto al contenido de β -caroteno, siendo el Moctezuma el que presentó la mayor concentración de dicho caroteno. Los ecotipos Álamos, Masiaca y Chihuahua presentaron en promedio un 77.1% menos β -caroteno que el Moctezuma. En los ecotipos Álamos, Moctezuma, Yécora, Tesia y Masiaca se observó un contenido de capsaicina similar, mientras que el Chihuahua presentó 40% menos capsaicina que el resto de los ecotipos. Un comportamiento similar se observó para el contenido de dihidrocapsaicina. La presente investigación demuestra que además de las variaciones genéticas entre los diferentes ecotipos analizados, el origen geográfico puede alterar el contenido de compuestos bioactivos en el chile Chiltepín.

Palabras clave: Chiltepín, Ecotipo, Calidad, Carotenoides, Capsaicinoides.

I INTRODUCCION

Los alimentos de origen vegetal tienen un amplio contenido de nutrientes y fitoquímicos que pueden ocasionar efectos biológicos en el organismo humano. Diversos estudios han demostrado la existencia de una relación entre el consumo de frutas y hortalizas y la disminución del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes (Matsufuji *et al.*, 1998; Ferrari *et al.*, 2003; Ilow *et al.*, 2008). Se cree que esta protección contra dichas enfermedades se debe a la presencia de la vitamina C, vitamina E, carotenoides y polifenoles en las hortalizas, aunque otros compuestos también podrían estar involucrados (*et al.*, 1998; Heo *et al.*, 2007).

Los fitoquímicos son sustancias biológicamente activas que se encuentran en los alimentos de origen vegetal, los cuales les confieren sabor, aroma y color. En los últimos años han sido considerados elementos importantes en la dieta humana, ya que se ha comprobado su acción como anticancerígenos, además de otros beneficios como retardantes del envejecimiento (Lampe, 2003; Dávalos *et al.*, 2006). Para México, las especies vegetales del género *Capsicum* (*C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. pubescens*) han sido caracterizados por su alto consumo, por lo que en conjunto se les considera una excelente fuente de compuestos bioactivos, sustancias biológicamente activas (vitaminas, polisacáridos, saponinas, polifenoles, terpenoides, isoflavonoides, indoles) confiriéndoles a la especie su color, sabor y aroma (Menichini *et al.*, 2009; Hernández-Ortega *et al.*, 2012). El consumo de frutos del género *Capsicum* en México en el año 2001, fue de 20/g /persona/ día (consejo de Europa, 2001). Los compuestos bioactivos constituyen un importante grupo de metabolitos secundarios sintetizados por las plantas como parte del proceso de adaptación a las condiciones de estrés abiótico y biótico (Ghasemnezhad *et al.*, 2011). Aunque no son considerados nutrientes esenciales para la vida, sí poseen un amplio rango de funciones anticancerígenas, antimutagénicas, antimicrobianas y antioxidantes (EL-Gendy *et al.*, 2010; Boulekbache-Makhlouf *et al.*, 2012).

II REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen del chile

La palabra “chile” proviene de los términos Nahuatl “Chilli” o “chili” que hacen referencia a los frutos del género *Capsicum* (Mozsik *et al.*, 2009). La evidencia más antigua de su consumo data del año 7000 A.C. en algunas regiones de México, por lo que las plantas del género *Capsicum* se consideraban de las más antiguas entre todas las especies (Govindarajan, 1985).

El género *Capsicum* pertenece a la familia de las solanáceas (Mozsik *et al.*, 2009). Según el tamaño de la planta, el color, tamaño y forma de los frutos, en este género se han clasificado 25 especies, dentro de las cuales se encuentran *Capsicum annuum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum baccatum* y *Capsicum pubescens* (Hornero-Méndez *et al.*, 2000).

Entre el año 1493 y 1495 los españoles llevaron los frutos de este género a su país, empleándolo como una especia alternativa a las que comúnmente utilizaban los europeos. A finales del XVI y principios del siglo XVII, el cultivo de plantas del género *Capsicum* se había extendido a regiones mediterráneas de Europa Central en tiempos relativamente cortos. Gracias a que los españoles extendieron su influencia en los continentes asiático y africano, el género *Capsicum* se estableció en muchas partes tropicales y subtropicales alrededor del mundo (Govindarajan, 1985; Mozsik *et al.*, 2009).

2.1.1. Taxonomía

Debido a la diversidad de las características del género *Capsicum*, en todo el mundo se ha generado una gran clasificación taxonómica. El término *Capsicum* se seleccionó para designar del género que pertenece a la familia *Solanaceae* (Mozsik *et al.*, 2009). El nombre *Capsicum* se genera del griego “Kapso”, que significa “picar” o “quemar” que se refiere a la forma de vaina que tiene el fruto (Basu and De, 2003; Govindarajan, 1985).

Además de las diferencias del suelo, clima y condiciones de cultivo, la hibridación y selección natural posiblemente juegan un papel importante en las características de los cultivares de *Capsicum*, mostrando muchas diferencias en base a forma, tamaño, color, pungencia y aromas (Govindarajan, 1985). Debido a estas diferencias en los frutos del género *Capsicum*, ha resultado difícil asignar una clasificación adecuada para las especies de este género (Hornero-Méndez *et al.*, 2002). Hoy en día se han reportado entre 20 y 30 especies pertenecientes al género *Capsicum*, sin embargo, muchas de estas especies parecen tener un origen silvestre (Mozsik *et al.*, 2009). Las formas silvestres de *Capsicum annuum* han recibido al menos cuatro nombres científicos diferentes, según su clasificador: *Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*. (Dunal) Heiser y pickersgill, *Capsicum annuum* L. var. *avicularea* auct. *Capsicum annuum* L. var. *minimum* (Mill.) Heiser y *Capsicum annuum hispidum* Dunal var. *Glabriusculum* Dunal.

2.2. Importancia nutricional del chile

Además de sus características sensoriales de color, sabor pungente y aroma, el chile juega un papel importante en la salud humana debido a que contienen altas concentraciones de numerosos compuestos bioactivos y antioxidantes dietarios (Ghasemnezhad *et al.*, 2011; Ornelas-Paz *et al.*, 2010). El interés por esa hortaliza se ha incrementado debido a que el fruto del chile es una excelente fuente de vitaminas A y C, compuestos fenólicos, clorofilas, tocoferoles, capsaicinoides y

carotenoides, entre otros (Howard *et al.*, 2002; Russo and Howard, 2002; Yahia and Ornelas-Paz, 2010; Ornelas-Paz *et al.*, 2010). La ingesta de chile, el cual contiene estos compuestos, es un importante factor de protección en la salud, ya que se sabe que son benéficos en la prevención de muchas enfermedades crónicas, algunos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis, etc. (Howard *et al.*, 2002; Navarro *et al.*, 2006).

2.2.1. Importancia del chile en México

El chile se utiliza por su sabor y pungencia en una gran variedad de platillos y como complemento en salsas y ensaladas (FAO, 2005). El chile se consume alrededor del mundo para impartir sabor, aroma y color a los alimentos (Mejía *et al.*, 1988; Ornelas-Paz *et al.*, 2010). En México, el chile es de gran importancia ya que representa una tradición, identidad cultural y, sobre todo, una buena fuente de ingresos (Ornelas-Paz *et al.*, 2010). Se encuentra entre los veinte alimentos más consumidos por la población mexicana (Mejía *et al.*, 1988; Riquelme, 2003). Esto se debe principalmente al gusto por el picor del fruto, ya que el chile picante es más consumido que los llamados chiles dulces (Mejía *et al.*, 1988; Oñate-Ocaña, 2001; Cruz-Pérez *et al.*, 2007).

Se ha estimado que el consumo *per cápita* de chile en México aproximadamente va desde los 20 hasta los 40 g por día (Mejía *et al.*, 1988; Dkhiland Al Quraishy, 2010; Ornelas-Paz *et al.*, 2010; Al-Dahmesh *et al.*, 2011), siendo el chile jalapeño el más consumido debido a la popularidad de los alimentos étnicos, resaltando por su sabor único y textura (Howard and Wagner, 1997).

Desde 1993, el cultivo mundial de chiles ha tenido un crecimiento del 48% en cuanto a superficie cultivada y los volúmenes de producción se han duplicado. China es el país con mayor producción de chile en el mundo, con una producción anual promedio de 12'531,000 Ton, lo que representa más de la mitad de la producción anual mundial de chiles. El segundo lugar lo ocupa México con un total de 1'853,610 Ton. (FAO, 2006).

El género *Capsicum* es considerado un ingrediente indispensable en la preparación de alimentos. A nivel mundial tiene un alto impacto en la industria farmacéutica, alimentaria y de tipo cosmético (Valadez-Bustos, 2009). *Capsicum sp* es considerado uno de los cultivos vegetales de mayor importancia para México (Castañón-Nájera, 2011).

2.2.2. Chiltepín

El chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*) es una planta perenne que crece de manera silvestre, asociada comúnmente al matorral arborescente espinoso de la selva caducifolia en México (Martínez *et al.*, 2010). Son perennes, herbáceas o trepadoras, alcanzan una altura entre 1 y 2 metros. Crece de manera silvestre en suelos franco arenosos. Sus frutos son pequeños, redondos, picantes y miden alrededor de 3-6 mm de diámetro y crece en forma eréctil (Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010). Estos son comidos por las aves, las cuales dispersan sus semillas. Sus flores son blancas, solitarias, raramente de dos a tres pares. Su pedúnculo es largo y delgado, cáliz truncado, corola blanca de 6 a 9 mm de diámetro, raramente verdosa; anteras de color violeta azul, filamentosos cortos y frutos pequeños, u ovoides, erectos y deducidos (D'arcy and Eshbaugh, 1974).

Las poblaciones de chile silvestre se distribuyen ampliamente por todo el territorio mexicano. Es posible encontrarlas en sitios imperturbados de la selva baja caducifolia, así como a orillas de los caminos, en huertos, potreros y bajo la vegetación remanente a orillas de los campos de cultivo (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). En estado inmaduro los frutos presentan una coloración verde, para después tornarse a color rojo. Las plantas alcanzan su madurez reproductiva entre los seis y diez meses de edad, teniendo una etapa de floración en los meses de mayo a agosto y la fructificación de junio a octubre (Gentry, 1942). La planta vive en lugares serranos, depende de una temperatura de entre 15 y 30°C, luz (fotoperiodo de 14 horas de oscuridad y 10 horas luz), humedad relativa de entre 75 y 100% (Villalón *et al.*, 2013). Para su óptimo crecimiento requiere de una vegetación denominada

matorral arborescente de tipo espinoso en selvas bajas caducifolias (Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010). Su crecimiento depende de su asociación vegetal con plantas nodrizas que crean un microclima que favorece la sobrevivencia de las plántulas, tal como Tepeguaje (*Lysiloma watsonni*), Mezquite (*Prosopis velutina*), Cumaro (*Celtis reticulata*) y el Garambullo (*Celtis pallida*) principalmente, esto para la región de Sonora (Bañuelos *et al.*, 2008).

La especie presenta un amplio rango de distribución, desde la parte sur de E.U. hasta el norte de Sudamérica (Hernández-Verdugo *et al.*, 2001; Bosland *et al.*, 2002). Tewksbury *et al.* (1999) reportaron su distribución para México, desde la parte pacífico, de Sonora hasta Chiapas, y del Golfo, desde Tamaulipas hasta la Península de Yucatán. El nombre más común para referirse a *Capsicum annum* var. *L. glabriusculum* es el de Chiltepín (Heiser y pickersgill), aunque tiene una amplia variedad de nombres como chile piquín, chile pico de paloma, chile de monte, pájaro pequeño, chile mosquito, diente de tlacuache (milchili y ulelte) Long (1998). Es considerado una especie sofisticada con características de sabor picante, color y aroma muy distintivos.

Se han realizado esfuerzos para propagar a las plantas del chiltepín; sin embargo, su domesticación ha sido complicada debido a que requiere de cierto tipo de humedad y sombra, condiciones que solo brinda el medio ambiente natural. El Chiltepín que se siembra en maceta no tiene la forma, el color, el tamaño ni el sabor de los que se dan en la sierra (Bañuelos *et al.*, 2008). No obstante, la semilla puede germinar en un ambiente natural después de haber sido previamente ingerida por las aves, pasando por su tracto digestivo, contribuyendo de esta manera a su distribución y germinación (Bañuelos *et al.*, 2008).

Las semillas del chiltepín pueden presentar una latencia exógena por la presencia de compuestos químicos en la cubierta externa de la semilla, las cuales inhiben la germinación. Este tipo de latencia se ha observado en las semillas de pitaya agria (*Stenocereus gummosus*), por lo que para germinar deben ser ingeridas por aves como el pájaro carpintero (*Melanerpe uropygialis*) (Rojas-Arechila *et al.*, 2001).

2.3. Importancia económica del chiltepín en México

El Chiltepín es uno de los recursos naturales de la región noroeste de México. En la sierra sinaloense alcanza un valor comercial de \$100.00 pesos mexicanos por 250 g, aproximadamente, ya que su cosecha implica internarse en la selva baja caducifolia y recorrer kilómetros para poder obtenerlo (Araiza-Lizarde *et al.*, 2011). Además, las personas de la región que lo colectan lo obtienen sin ninguna técnica, pues extraen la planta en su totalidad desde la raíz, lo que ocasiona una menor producción en la siguiente temporada de cosecha. De acuerdo a Pedraza-Robles; Gómez, (2008) durante la época de mayor oferta llega a desplazar a otros tipos de chile por su agradable sabor y grado de pungencia. Además, su precio puede variar de \$40 hasta \$800 por kilogramo, llegando a alcanzar hasta 40 veces el valor de los chiles serranos y de los chiles jalapeños. En un seguimiento de precios del Chiltepín desde 1998 a la fecha. Medina-Martínez *et al.* (2006) reportaron que éste ha alcanzado precios promedio de entre 60 y 70 pesos por kilo en fresco (verde). En un segundo sondeo en el mercado regional para enero del 2001 y hasta junio del 2002, las colectas se vieron disminuidas en términos reales debido a la aleatoriedad de las precipitaciones y la presencia de altas temperaturas (hasta 42°C en la zona de estudio), lo cual incrementó el precio del Chiltepín seco a un promedio de 400 a 450 pesos por kilogramo. De acuerdo con datos directos, en el 2010 la colecta de Chiltepín cayó por el orden de las 77.3 Ton y para el 2011, esta se colapsó para llegar a 46.7 Ton, propiciando incrementos importantes en los precios, mismos que se han movido de \$60.00 a \$1,200.00 pesos por kilo, dejado una derrama global entre los recolectores e intermediarios por el orden de los \$70.9 millones en 2011 (Robles and Garza, 2011).

2.3.1. Contenido de compuestos bioactivos en frutos de chile

El chile es una fuente importante de compuestos bioactivos, los cuales han demostrado ser eficientes en la eliminación de radicales libres. Estos radicales pueden ser perjudiciales debido a que conducen inflamación, daño de tejido y desarrollo de enfermedades, además están asociados en la patogénesis de por lo menos 100 enfermedades, entre las que destacan el cáncer, aterosclerosis, artritis reumatoide y cataratas (Howard *et al.*, 2002; Yahia and Ornelas-Paz, 2010).

2.3.1.2. Capsaicinoides.

El consumo de chile se debe principalmente a su sabor pungente o picante, el cual es causado por la presencia de capsaicinoides. Las diferentes especies de *Capsicum* pueden variar en grado de picor, lo que se relaciona con la capacidad de acumular capsaicinoides. El chile habanero (*Capsicum chinense*) es considerado el de mayor picor. Sin embargo, algunas variedades de *Capsicum* pueden alcanzar niveles similares, como es el caso del Chiltepín (Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010). El gusto por el chile se basa principalmente en la sensación pungente que provoca. Esta sensación picante es causada por una familia de compuestos llamados capsaicinoides (Curry and Aluru, 1999). Los capsaicinoides son un grupo de por lo menos 10 alcaloides, cuentan en su estructura con un grupo vanilamida y ácidos grasos ramificados de 9 a 11 carbonos (Heresch and Jurenitsch, 1979; Kosuge and Murata). La capsaicina y la dihidrocapsaicina (figura 1) constituyen el 90% del total de estos componentes, el otro 10% la nordihidrocapsaicina, homocapsaicina y la homodihidrocapsaicina (Iwai and Müller–Stock, 1979). Estos compuestos son sintetizados a partir de aminoácidos como la valina (Bennett *et al.*, 1968; Leete and Loudon, 1968; Ochoa and Gómez, 1993; Sukrasno and Yeoman, 1993; Wake and Suzuki, 1982), proceso que se lleva a cabo en la placenta (Cisneros-Pineda and Torres, 2007). Se sabe que las variedades de chile pertenecientes a *Capsicum annum L. var. Annum* contienen de 0.01% a 0.70% de capsaicinoides (Maillard

and Pierre, 1979). Algunos estudios han mostrado que el chile jalapeño contiene de 0.01 a 18 mg/ g de capsaicinoides (Sato and Sakamoto, 1999), mientras que el habanero presenta un contenido de 134 a 200 mg/g (Curry and Aluru, 1999), lo cual lo hace representativo entre los demás chiles, ya que es altamente pungente. Los cambios de los capsaicinoides en los chiles dependen del grado de madurez que presenten (Iwai *et al.*, 1979; Salgado *et al.*, 1990; Sukrasno and Yeoman, 1993; Perucka, 1996; López *et al.*, 1996; Contreras-Padilla and Yahia, 1998); es decir, a mayor madurez el contenido de capsaicinoides incrementa significativamente (Deepa *et al.*, 2007). Diversos estudios han revelado que al mismo tiempo ocurre un cambio en las propiedades antioxidantes en esta hortaliza.

La capsaicina ha demostrado ser inmunomodulador, es decir, tiene la capacidad para alterar la proliferación de linfocitos y la producción de anticuerpos (Nilsson and Alving, 1991). Este efecto puede tener un papel importante en el tratamiento de la artritis (Singh and Natarajan, 1996). Además, estos compuestos tienen un alto poder antioxidante, antimutagénicos, anticancerígeno, antimicrobiano y antiinflamatorio (Cichewicz, 1996; Joe and Lokesh, 1997). También tienen usos en el tratamiento de la neuropatía diabética (Surh and Lee 1996).

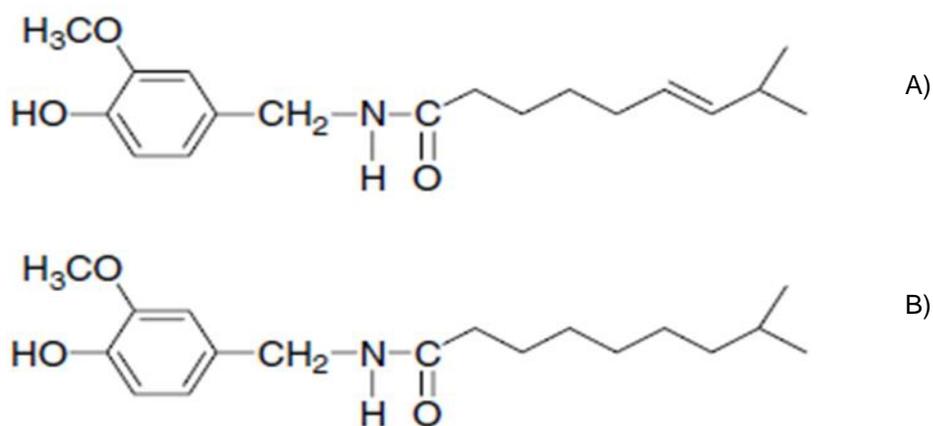


Fig.1. Estructuras químicas de la (A) capsaicina y (B) dihidrocapsaicina.

2.4. Carotenoides

2.4.1. Definición y clasificación

Los carotenoides son pigmentos naturales ampliamente distribuidos en la naturaleza, se encuentran en los cromoplastos de las plantas donde tienen diversas funciones. Los carotenoides pueden permanecer junto a las clorofilas en hojas y frutos verdes. Además, se encuentran distribuidos en muchas partes de las plantas, tales como frutos, raíces y flores de color amarillo, naranja y rojo (Yahia and Ornelas-Paz, 2010). Las frutas y hortalizas son importantes fuentes dietarias de compuestos bioactivos, entre los cuales destacan los carotenoides. Los carotenoides y los flavonoides son los pigmentos más importantes en los vegetales, ya que son los encargados de conferirles el color rojo, amarillo y naranja (Delgado *et al.*, 2013). El color verde en los chiles es proporcionado por la clorofila (Marín *et al.*, 2004). Conforme avanza el proceso de maduración el color verde del chile cambia gradualmente a amarillo o rojo, como consecuencia de la degradación de clorofilas y la biosíntesis de carotenoides (Roca and Mínguez-Mosquera, 2007). Existen más de 30 carotenoides en el chile (Bureau and Bush way, 1986; Gregory *et al.*, 1987; Mejía *et al.*, 1988; Levy *et al.*, 1995; Simone *et al.*, 1997; Howard *et al.*, 2002). La capsorrubina y la capsantina son considerados colorantes naturales, que confieren el color rojo y representan aproximadamente el 50% del total de carotenoides presentes en el chile (Topuz and Ozdemir, 2007), mientras que β -caroteno, α -caroteno y β -criptoxantina se encuentran en menor cantidad pero tienen actividad provitamina A (Wall *et al.* 2001). En la Figura 2 se muestran las estructuras de los carotenoides más abundantes en el chile.

Una dieta rica en carotenoides se asocia con una disminución en el riesgo de padecer ciertas formas de cáncer (Schieber and Carle, 2005), la aterosclerosis (Kritchevsky *et al.*, 1998) y la degeneración macular causada por la edad (Beatty *et al.*, 1999). Además de su capacidad antioxidante, estos compuestos muestran varias actividades biológicas, incluyendo la actividad provitamina A y la regulación de la diferenciación y proliferación celular (Bendich and Olson, 1989; Bertram y Bortkiewicz, 1995; Jiang *et al.*, 2001).

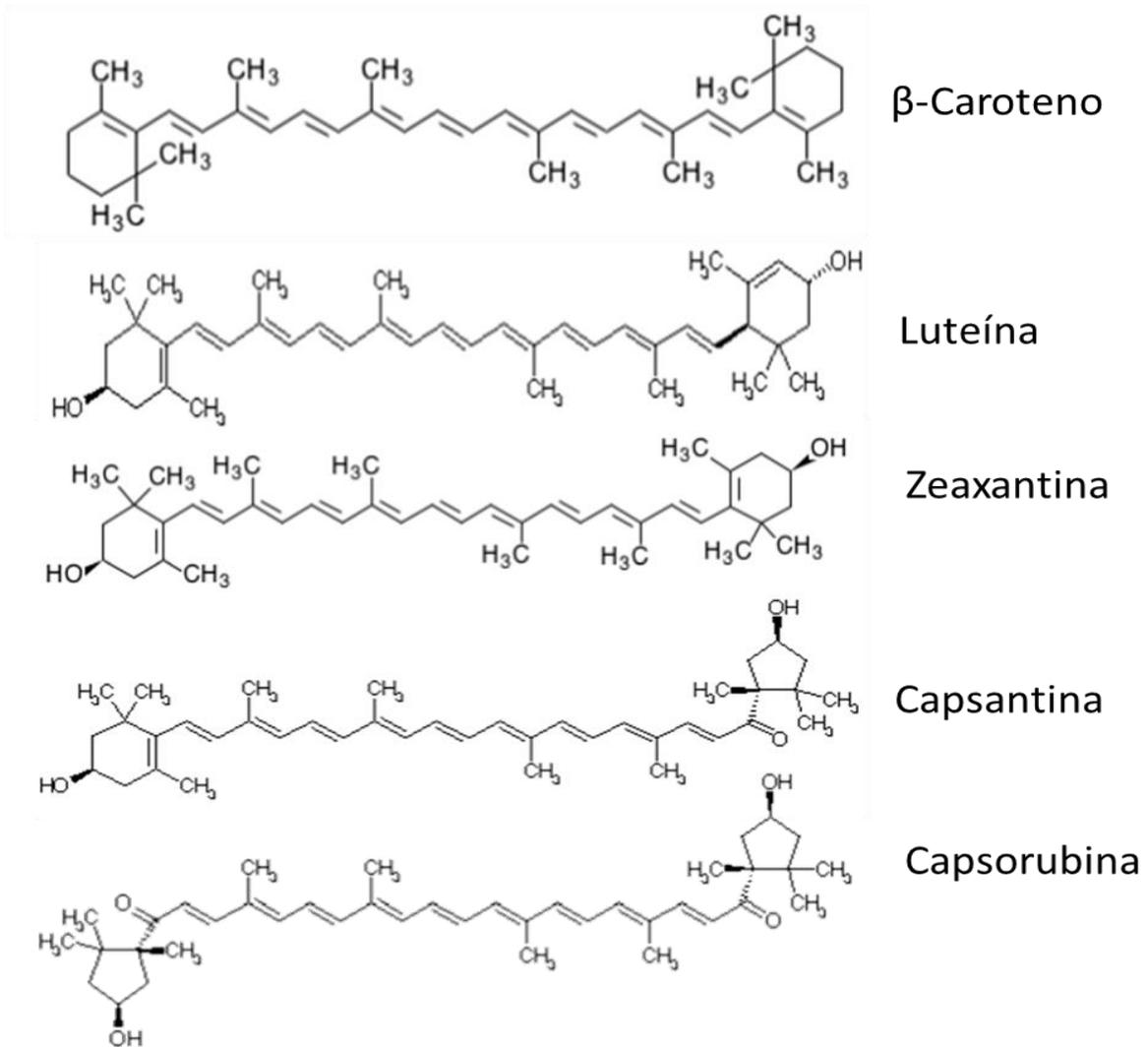


Fig.2. Principales carotenoides presentes en el Chile.

III JUSTIFICACIÓN

México cuenta con una gran diversidad de genotipos de chile, de los cuales el chile Chiltepín es de los más importantes del estado de Sonora debido a su gran producción y consumo por el sabor y pungencia tan características. El chile es una fuente rica en nutrientes y compuestos bioactivos, principalmente de carotenoides y capsaicinoides, los cuales están asociados a la reducción de posibilidades de padecer algunas enfermedades crónicas, cardiovasculares, degenerativas y algunos tipos de cáncer. Entre los carotenoides del chile podemos encontrar el β -caroteno, precursor de la vitamina A, el cual es capaz de inhibir la peroxidación lipídica, un proceso que se ha sugerido estar involucrado en la patogénesis de la aterosclerosis. La capsaicina ha demostrado ser inmunomodulador, es decir, tiene la capacidad para alterar la proliferación de linfocitos y la producción de anticuerpos. Este efecto puede tener un papel importante en el tratamiento de la artritis; además, estos compuestos tienen un alto poder antioxidante, antimutagénicos, anticancerígeno, antimicrobiano y antiinflamatorio. También tienen usos en el tratamiento de la neuropatía diabética.

Generalmente, el chile Chiltepín se comercializa sin el empleo de refrigeración u otras tecnologías de preservación. Una alternativa para un mejor consumo sería la elaboración de productos derivados de estos frutos, principalmente salsa; Hasta la fecha son pocos los estudios que han abordado sobre la caracterización de los compuestos bioactivos en este chile silvestre.

IV HIPOTESIS

El origen geográfico del chile Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*) determina sus atributos de calidad y niveles de compuestos bioactivos.

V OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Determinar la calidad y contenido de compuestos bioactivos de diversos ecotipos de Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*).

5.2. Objetivos específicos

1. Evaluar características físicas de diferentes ecotipos del Chiltepín (*Capsicum annuum* Var. *L. glabriusculum*).
2. Cuantificar el contenido de β -caroteno en diversos ecotipos de chile Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*).
3. Cuantificar el contenido de capsaicinoides en diversos ecotipos de chile Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *L. glabriusculum*).

VI MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 OBTENCION DE LA MUESTRA

Se recolectaron muestras de chile Chiltepín (*Capsicum annum var. L glabriusculum*) de 6 diferentes ecotipos, 5 del estado de Sonora y 1 de Chihuahua. Los ecotipos analizados y las coordenadas del lugar de donde se obtuvieron se muestran a continuación: **Álamos** (entre los paralelos 26° 23' y 27° 47' de latitud norte; los meridianos 108° 25' y 109° 15' de longitud oeste; altitud entre 50 y 2000 m); **Moctezuma** (entre los paralelos 29° 31' y 29° 59' de latitud norte; los meridianos 109° 22' y 110° 03' de longitud oeste; altitud entre 500 y 2400 m); **Yécora** (entre los paralelos 28° 10' y 28° 39' de latitud norte; los meridianos 108° 28' y 110° 08' de longitud oeste; altitud entre 300 y 2300 m); **Masiaca** (latitudes entre los paralelos 26° 39' y 27° 26' de latitud norte; los meridianos 109° 03' y 109° 50' de longitud oeste; altitud entre 0 y 700 m); **Tesia** (entre las paralelos 27° 16' y 36° 11' de latitud norte; meridianos 109° 36' y 97° 22' de longitud oeste; altitud entre 50 m); **Chihuahua** (entre los paralelos 28° 05' y 29° 48' de latitud norte; los meridianos 105° 41' y 106° 38' de longitud oeste; altitud entre 1200 y 2 800 m). Los chiles se cosecharon en el estado de madurez rojo y se secaron mediante la exposición solar, de acuerdo con las prácticas locales. La descripción geográfica de los ecotipos de donde se recolectaron los frutos analizados se muestran en el Cuadro 1. (INEGI, CICLOM 2009).

Cuadro1. Descripción de las regiones geográficas de recolección de las muestras.

Ecotipo	T (°C)	Precipitación (mm³)	Tipo de clima (Humedad Relativa, %)
Álamos	16-26	300-900	Semi-seco muy cálido y cálido (HR= 41.84%)
Moctezuma	14 - 22	400-600	Semi-seco-semi-cálido (HR= 57.93%)
Yécora	10 - 24	600-900	Templado sub-húmedo con lluvias en verano (HR= 49.83%).
Masiaca	18.5-25.4	389.5	Semi-seco y semi-húmedo (N.D.)
Tesia	3 - 34	N.D.	N.D.
Chihuahua	10-20	200-600	Semi-seco templado (HR= 37.4%)

ND: No Disponible

6.2. Evaluación de propiedades físicas de chiles

6.2.1. Medición de color triestímulo

Se colocaron 4 muestras de 57 frutos de cada ecotipo dentro de un contenedor y se les evaluó por triplicado el color triestímulo, utilizando un colorímetro Minolta (Minolta Co. Ltd., Osaka, Japón) en base al sistema de color CIELAB (L^*, a^*, b^*). El colorímetro se calibró con el estándar previo a la evaluación de cada ecotipo.

6.2.2. Medición de tamaño

Se evaluó el diámetro mayor y la longitud de 57 frutos de cada ecotipo, empleando un medidor Cranston (Cranston, Machinery. Co. Inc., Oregón, USA), y un vernier, respectivamente.

6.2.3. Evaluación de peso

Cincuenta y siete frutos de cada ecotipo fueron individualmente pesados empleando una balanza analítica (Ohaus Explorer Pro, New Jersey, USA).

6.3. Análisis de compuestos bioactivos

6.3.1. Capsaicinoides

La extracción de los capsaicinoides se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por Ornelas-Paz *et al.* (2010). Se tomaron sub muestras de 2 g de chile, se homogenizaron con 20 mL de metanol en un Ultra Turrax (IKA T18 Basic Ultra Turrax, Wilmington, USA) durante 1 min a una velocidad de nivel 10. La mezcla se centrifugó a $10956x g$, durante 3 min a $5^{\circ}C$ en una centrífuga (Beckman Coulter Allegra 64 R Centrifuge). El extracto metanólico se recuperó, se filtró a través de una membrana de polietileno con un tamaño de poro de $0.20 \mu m$ (Millipore Corp. Millipore Corp. Massachusetts, USA), y finalmente se inyectó (20 μL) manualmente en un sistema HPLC Agilent Serie 1200 (Agilent, Technologies, California, USA), equipado con un degasificador al vacío (G1322A), una bomba cuaternaria (G1311A), un detector UV/Vis de arreglo de Diodos (G1315D) y un compartimiento

de columnas con control de temperatura. La separación se realizó en una columna Supelcosil LC-18 DB (4.6 x 250mm, 5 µm; Sigma–Aldrich Co., Bellefonte, PA, USA), la cual se mantuvo a 25°C. La fase móvil estuvo compuesta por agua (conteniendo 5% de ácido acético) y acetonitrilo (50:50, v/v) y fluyó a una velocidad de 1mL/min. Los capsaicinoides fueron monitoreados a una longitud de onda de 210 nm. La identificación y cuantificación de la capsaicina y dihidrocapsaicina se realizó comparando las características cromatográficas de los picos desconocidos con estándares externos disponibles comercialmente y mediante la elaboración de curvas de calibración. La nordihidrocapsaicina se cuantificó como capsaicina.

6.3.2. Análisis de β-caroteno

El análisis de carotenoides se llevó a cabo empleando la metodología descrita por Ornelas-Paz *et al.* (2007). Se tomaron sub muestras de 2 g de chile, se homogenizaron individualmente en presencia de 0.2 g de carbonato de calcio y 15 mL de metanol con un homogeneizador Ultra Turrax (IKA T18 Basic Ultra Turrax, Wilmington, USA), durante 1 min a una velocidad de 10. La mezcla se filtró a través de un papel Whatman No. 3 adicionando metanol (100 mL) hasta decolorar por completo los sólidos retenidos. El residuo se lavó en 2 ocasiones con 25 mL de una mezcla de hexano/cetona (50:50) conteniendo 0.1% de hidroxitolueno butilado (BHT), con la finalidad de asegurar la extracción completa de carotenoides. El extracto se colocó en un matraz de separación, donde se le adicionaron 40 mL de sulfato de sodio al 10%, se agito y se dejó reposar hasta lograr la separación de fases. La fase apolar se lavó 4 veces con agua destilada y posteriormente se agregaron 20 mL de una mezcla hexano: acetona (50:50). La fase acuosa se desechó, mientras que la fase orgánica obtenida se colectó para posteriormente evaporarse en un rotavapor a 40 °C (Labconco's Mission, Kansas City, Missouri, USA). El residuo obtenido se disolvió en 4 mL de una mezcla metanol/MTBE (50:50), se filtró a través de una membrana de polietileno con un tamaño de poro de 0.45 µm (Millipore Corp., Massachusetts, USA), para finalmente se inyectarse (20 µL) manualmente en un sistema de HPLC (Varian Inc., Walnut Creek, California, USA) equipado con una bomba ternaria (Varian 9012) y un detector UV/Vis (Varian

9050). La fase estacionaria consistió en una columna YMC Carotenoid (4.6 X150 mm, 3 μ m; Waters, Corp. Milford, Massachusetts, USA), la cual se mantuvo a 25°C. La fase móvil estuvo compuesta por MTBE y metanol (33:67, v/v). El flujo fue de 1 mL/min. El β -Caroteno fue monitoreado a una longitud de onda de 452 nm. La identificación y cuantificación del β -caroteno se realizó comparando las características cromatográficas del pico desconocido con un estándar externo disponibles comercialmente y mediante la elaboración de curvas de calibración.

6.4. Análisis estadístico

Se realizaron 4 repeticiones de las mediciones. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un sistema de análisis de varianzas de un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos, la comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey-Kramer empleando el programa estadístico SAS (SAS Institute Inc., Carolina del Norte, USA).

VII RESULTADOS Y DISCUSION

7.1. Características biométricas y color triestímulo

La longitud y el diámetro de los chiles analizados tendieron a ser independientes del ecotipo, estando cercanos a los 7 mm, exceptuando al ecotipo Tesia, que presentó la menor longitud y diámetro (Figuras 3 y 4). Coronado-García *et al.* (2013) reportaron valores de diámetro de 6 a 8 mm en otros ecotipos de chiltepines, valores que son similares a los encontrados en el presente trabajo. En contraste, Castellón-Martínez *et al.* (2014) reportaron que no existen diferencias significativas en la longitud y el diámetro del chile Piquín cultivado en diferentes regiones de Oaxaca; sin embargo, el tamaño de los chiles analizados fue mayor que los observados en el presente estudio. El ecotipo Yécora fue el más largo y ancho; el peso de frutos no dependió claramente de su diámetro y longitud, siendo los ecotipos Moctezuma y Álamos los más pesados mientras que los Tesia son más ligeros (Figura 5). Los valores de peso obtenidos variaron entre 36.7 y 127.2 mg, valores que fueron similares a los reportados por Hernández-Verdugo *et al.* (2012) en chile chiltepín de otros ecotipos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al número de semillas (Figura 6) para la mayoría de los ecotipos, exceptuando al Tesia, el cual presentó el menor número de semillas. Algunos estudios han demostrado que las características biométricas de los chiles dependen significativamente de los factores climáticos, obedeciendo un fenómeno de adaptación (Gruber & Galloway, 2008); sin embargo, en el presente estudio las diferencias, si bien significativas, fueron pequeñas en cuanto a las características biométricas de los ecotipos estudiados.

Todos los chiles analizados presentaron un color rojo, aunque varió la intensidad de éste. El color en los ecotipos analizados presentó variaciones muy marcadas en cuanto al valor de los componentes a^* y b^* ; mientras que la variable L^* presentó diferencias ligeras, aunque significativas en muchos casos (Figura 7). Los chiles Tesia mostraron el valor más alto de a^* , mientras que los del ecotipo Álamos presentaron el nivel más bajo. Esto indica diferencias importantes en el contenido

de carotenoides, los pigmentos que le confieren el color a este fruto (Bañuelos *et al.*, 2008). En cuanto a la variable b^* se observaron 3 grupos significativamente diferentes, aunque los valores de esta variable fueron relativamente bajos, siendo el ecotipo Moctezuma el que presentó un valor mayor (11.13). Los ecotipos Yécora y Tesia presentaron los valores más altos de L^* . Las disminuciones en L^* indican una disminución en la luminosidad en los frutos. Recientemente, Montoya-Ballesteros *et al.* (2010) reportaron valores similares de color triestímulo ($L^*= 27.0$, $a^*= 30$ y $b^*= 38.7$) en chiltepín de plantas silvestres de la región de Mazocahui, Sonora. Es bien conocido que los pigmentos responsables del color del chile son carotenoides y clorofilas (Burns *et al.*, 2003), confiriéndoles una coloración que puede ser verde, amarilla, naranja o roja. Normalmente, durante la maduración del chile los cambios de color ocurren como resultado de la síntesis de carotenoides, proceso simultáneo a la degradación de clorofilas, lo cual ocasiona que el color verde inicial del fruto cambie de manera gradual a naranja o rojo (Efrati *et al.*, 2005; Gómez-Ladrón de Guevara and Pardo-González, 1996; Hornero-Méndez. *et al.*, 2002).

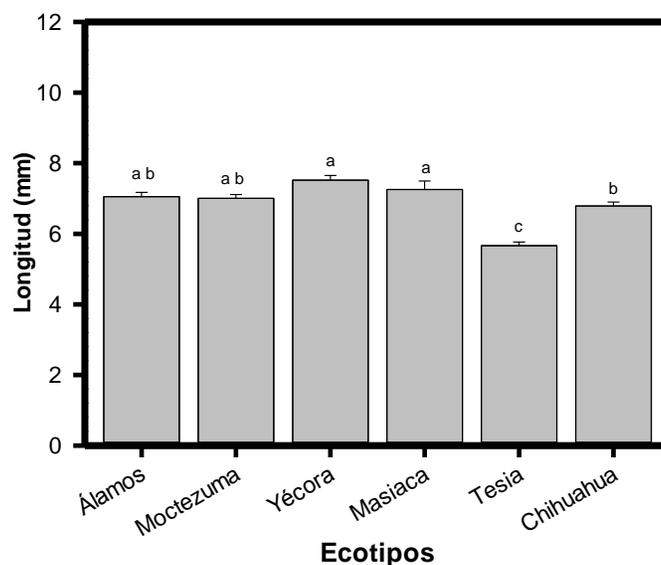


Fig. 3. Longitud de frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos. Las barras representan la media de 57 mediciones individuales \pm el error estándar, cada letra representa una diferencia significativa ($p < 0.05$).

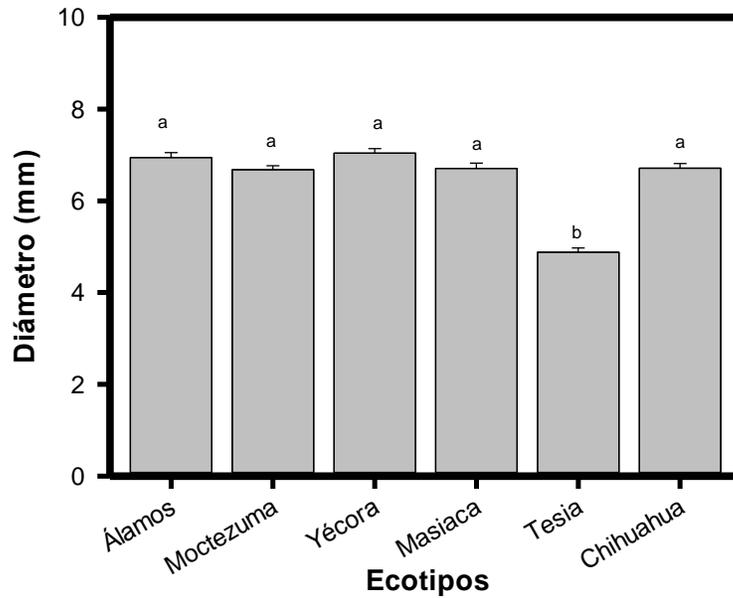


Fig. 4. Diámetro de frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos. Las barras representan la media de 57 mediciones individuales \pm el error estándar, cada letra representa una diferencia significativa ($p < 0.05$).

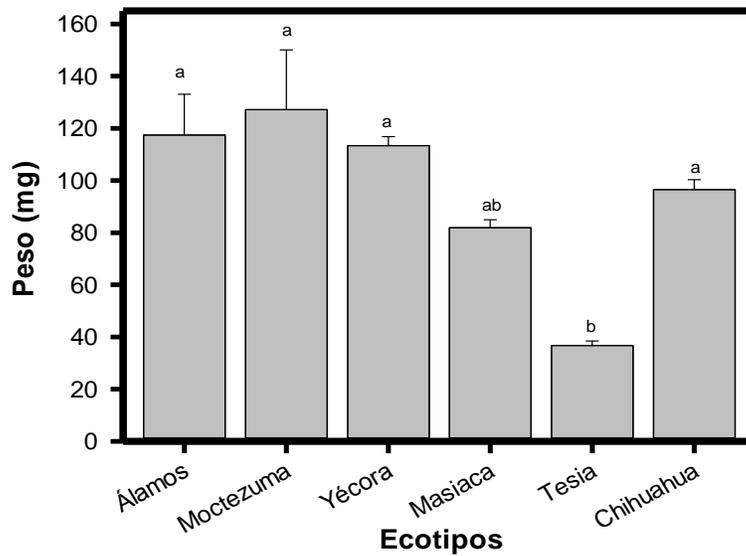


Fig. 5. Peso de frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos. Las barras representan la media de 57 mediciones individuales \pm el error estándar, cada letra representa una diferencia significativa ($p < 0.05$).

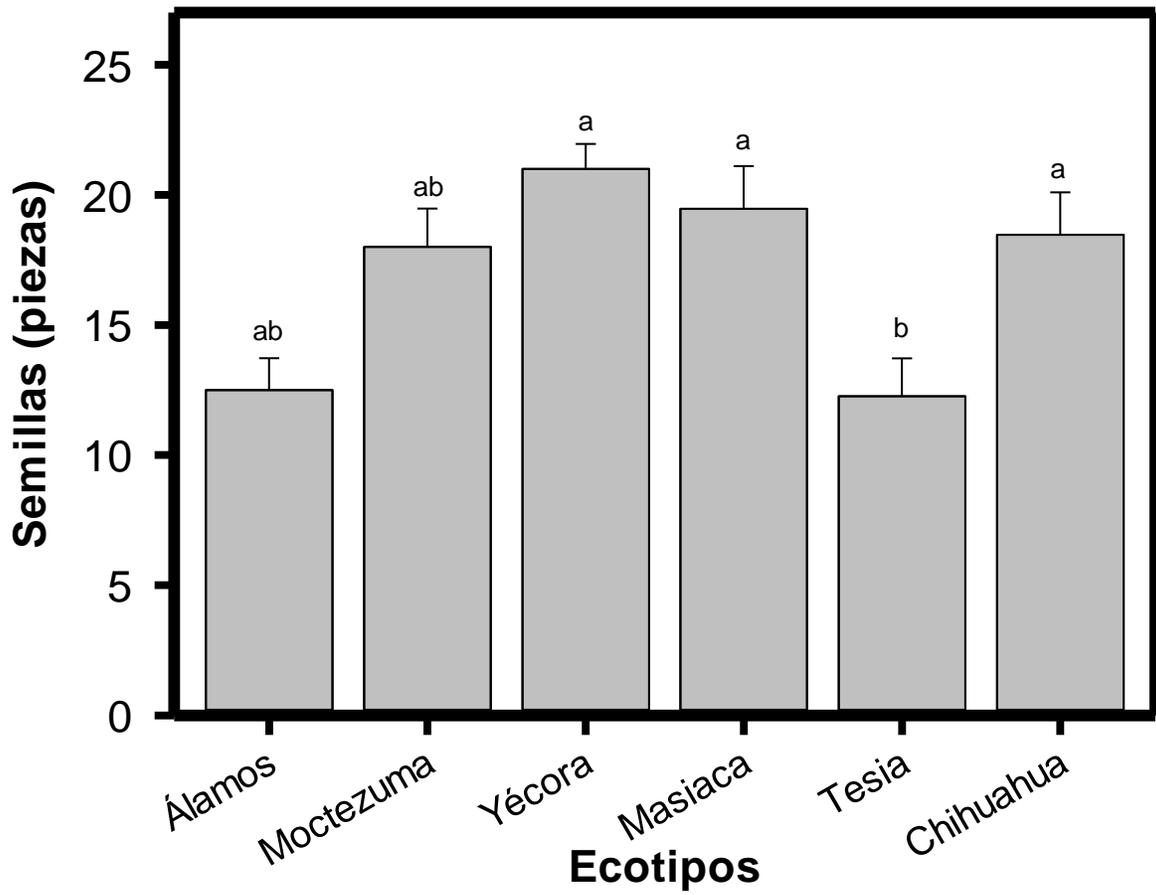


Fig. 6. Semillas en frutos de chile chiltepín en diversos ecotipos. Las barras representan la media de 15 mediciones individuales \pm el error estándar, cada letra representa una diferencia significativa ($p < 0.05$).

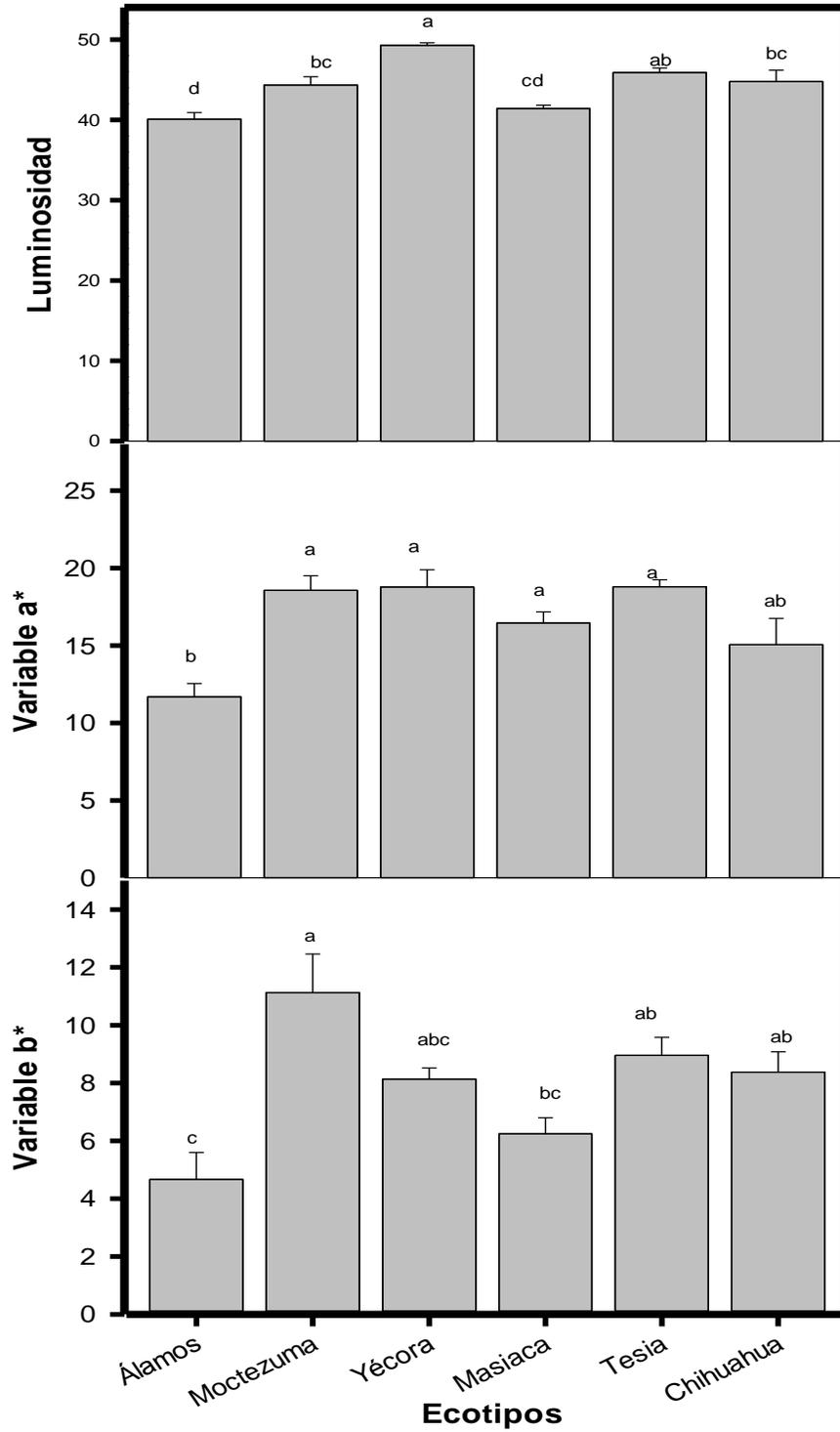


Fig. 7. Valores de color (L*, a*, b*) de chile chiltepin en diferentes ecotipos. Las barras representan la media de 57 mediciones individuales \pm el error estándar, cada letra representa una diferencia significativa ($p < 0.05$).

7.2. Capsaicinoides

El contenido de los capsaicinoides estudiados siguió el orden capsaicina>dihidrocapsaicina>nordihidrocapsaicina (Figura 8). De manera similar, Montoya-Ballesteros *et al.* (2010) reportaron una mayor concentración de capsaicina que de dihidrocapsaicina en Chiltepín de Mazocahui, Sonora. Por otro lado, Ornelas-Paz *et al.* (2010) también demostró que esta composición relativa de capsaicinoides es común para muchas especies del género *Capsicum*. En el presente estudio, los ecotipos Álamos, Moctezuma, Yécora, Tesia y Masiaca presentando el mayor contenido de este capsaicinoide, siendo este último el más abundante en capsaicina, dichos valores fueron mayores a lo reportado por González-Zamora *et al.* (2013) en chiles Chiltepín (100.07 µg/100mg). Los chiles Masiaca presentaron un contenido de dihidrocapsaicina significativamente mayor al observado en el resto de los ecotipos analizados, los cuales presentaron una gran similitud en el contenido de dicho compuesto. En general, las concentraciones de capsaicina, dihidrocapsaicina y nordihidrocapsaicina fueron similares a las reportadas previamente para otros ecotipos de chile chiltepín (Montoya-Ballesteros *et al.*, 2010). Sin embargo, dichas concentraciones fueron mayores a las reportadas para chiles criollos cultivados en Puebla (Miahuateco y Copi) y nativos de Tecomatlán, en el mismo estado (Morán-Bañuelos *et al.*, 2008). López-López *et al.* (2015) reportaron que algunas veces, dentro de una misma especie, el grado de picor está relacionado con las condiciones de estrés determinados por el ambiente en el que se desarrolla cada planta en particular. Los resultados obtenidos en el presente estudio podrían estar influenciados por el origen geográfico (Sato *et al.*, 1999). Boslan *et al.* (2012) reportaron diferencias pronunciadas en el contenido de capsaicinoides entre cinco grupos de la misma línea, plantados en diferentes campos de manera aleatoria.

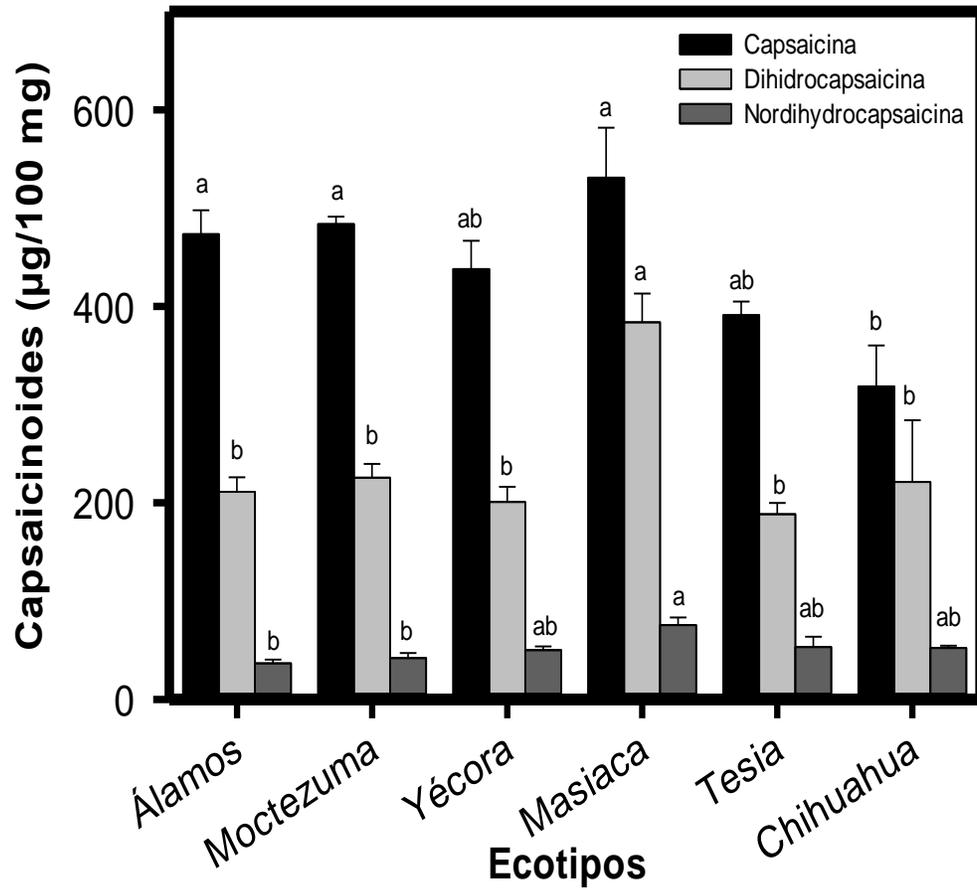


Fig.8. Contenido de capsaicinoides de chiles Chiltepín en diversos ecotipos. Las barras representan la media de cuatro mediciones individuales \pm el error estándar, con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

6.5. β - caroteno

El contenido de β -caroteno en los chiles se muestra en la figura 8. El ecotipo Moctezuma contuvo la mayor cantidad de β -caroteno (16.12 $\mu\text{g}/100\text{ mg}$), seguido por el Tesia y Yécora. Los ecotipos Álamos, Masiaca y Chihuahua fueron los más pobres en este pigmento. Collera-Zúñiga *et al.* (2005) reportaron una cantidad promedio de 1.26 $\mu\text{g}/100\text{ mg}$ de β -caroteno en tres diferentes genotipos de chile rojo seco (ancho, mulato y guajillo), la cual fue menor a lo observado en el presente estudio con chile chiltepín. Grotewold *et al.* (2006) demostraron que los carotenoides son los responsables de la coloración amarilla, naranja o roja de los chiles. El contenido de carotenoides en frutos de chile varía cualitativa y cuantitativamente en función de su estado de madurez, diferencias genéticas y condiciones ambientales en las que se desarrolla la planta (López-López *et al.*, 2015). Lee *et al.* (2005) reportaron diferencias significativas en el contenido de flavonoides y carotenoides en chiles de diferentes cultivares (bell, jalapeño, “hotwax”, “sweetwax”, ancho, anaheim y habanero) cultivados bajo diferentes ambientes (cielo abierto e invernadero) en tres ubicaciones geográficas de Texas.

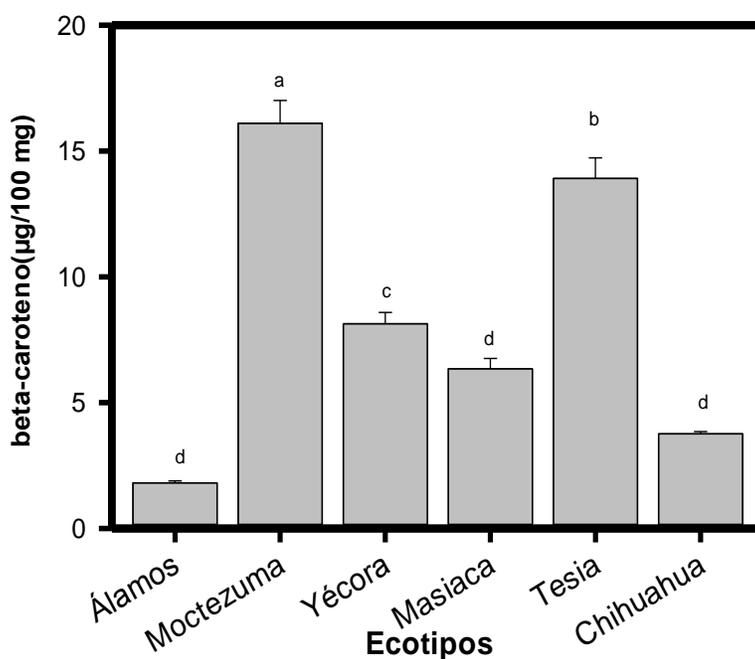


Fig.9. Contenido de β -caroteno en frutos de chile chiltepín en diferentes ecotipos. Las barras representan la media de cuatro mediciones individuales \pm el error estándar, con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

VIII CONCLUSIONES

La calidad de los chiles analizados dependió del ecotipo; confirmando que las condiciones climáticas alteran la fisiología y bioquímica de la planta y frutos, afectando la calidad de estos últimos.

El presente estudio evidenció la calidad nutrimental y funcional del chile chiltepín, dado el alto contenido de capsaicinoides y β -caroteno encontrado en ellos.

Los chiles Tesia presentaron una menor calidad en términos de sus características biométricas. Sin embargo, dicho ecotipo presentó la mayor pigmentación roja (altos valores de a^*) y el segundo con mayor contenido de β -caroteno, lo cual le confiere una gran calidad nutrimental, debido a que dicho carotenoide es el que presenta la mayor actividad provitamina A.

En términos generales, los chiles Moctezuma demostraron la mayor calidad debido a que presentaron el mejor balance en cuanto a características biométricas y contenido de capsaicinoides, el atributo de calidad más apreciado en los chiles pungentes.

IX BIBLIOGRAFIA

- Al-dahmesh, B., Dkhil, M. A. and Al-quraishy, S. 2011. Chili pepper-induced injury to splenic tissue of rabbit. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5: 2015-2020.
- Araiza-Lizarde, N., Araiza-Lizarde, E., Martínez-Martínez, J.G. 2011. Evaluación de la germinación y crecimiento de Plántula de Chiltepín (*Capsicum annum L* variedad *glabriusculum*) en invernadero. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 13:170-175.
- Bañuelos, N., Salido, P.L., Gardea, A. 2008. Etnobotánica del chiltepín. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. *Est. Soc.* 16(32):177-205.
- Bendich, A and Olson, J.A. 1989. Biological actions of carotenoids. *FASEB J.* 3(1):1927-1932
- Bennett, D.J., Kirby, G.W. 1968. *Constitution and biosynthesis of capsaicin.* *J. Chem. Soc. C:* 442–446
- Bertram, J.S., Bortkiewicz, H. 1995. Dietary carotenoids inhibit neoplastic transformation and modulate gene expression in mouse and human cells. *Am J Clin Nutr.* 62(Sup): 1327S-1336S.
- Bosland, P. W., Votava, E. J. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. *Cabi publishing.* London UK. 2: 230 p.
- Boulekbache-Makhlouf, L., Meudec, E., Chibane, M., Mazauric, JP., Cheynier, V., Slimani, S., Henry, M., Madani, K. 2012. Analysis of phenolic compounds in fruit of *Eucalyptus globulus* cultivated in Algeria by high-performance liquid chromatography–diode array detection mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 58: 12615–12624.
- Bureau, J. I. and Bush-Way R. J., 1986. Hplc determination of carotenoids in fruits and vegetables in the united states. *J. Food Sci.* 51:128-130.

- Castañón-Nájera, G.; Latournerie-Moreno, L.; Leshner-Gordillo, J.; De La Cruz-Lázaro, E.; Mendoza-Elos, M. 2010. Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum spp.*) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 26:225-234
- Castañón-Nájera., G.Latournerie-Moreno, I. Mendoza-Elos, m.; Vargas-López, A.; Cárdenas-Morales, H. 2008. Colección y caracterización de Chile (*Capsicum spp.*) en Tabasco, México. *Phyton-Revista Internacional de Botánica Experimental* 77:189-202.
- Castellón-Martínez, E., J.C. Carrillo-Rodríguez, J.L., Chávez-Servia, and Vera-Guzmán, A.M. 2014. Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Rev. Int. Bot. Exp. Python*. 83:225-236.
- Cichewicz, R.H. 1996. The Antimicrobial Properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in mayan medicine. *J. Ethnopharmacol*. 52:61-70.
- Cisneros-Pineda, O., Torres-Tapia, L.W., Gutiérrez-Pacheco, L.C., Contreras-Martín, F., González-Estrada, T., Peraza-Sánchez, S.R. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatán, México. *Food Chemistry*. 104:1755–1760.
- Cliclom. Citado el 08/11/2016 en <http://clicom-mex.cicese.mx/>
- Collera-Zúñiga, O., Jiménez, F.G., Gordillo, R.M. 2005. Comparative study of carotenoid composition in three mexican varieties of *Capsicum annum* L. *Food Chemistry*. 90:109-114.
- FAOSTAT (2005). Production.
- FAOSTAT (2011). Production.
- FOOD, S. C. O. (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on Capsaicin. *European Commission*.
- Contreras-Padilla, M. and Yahia, E., 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturation and senescence of chili peppers and relation with peroxidase activity. *J. Agric. Food. Chem*. 46:2075-2079.

- Coronado-García, M.A., Córdova-Yáñez, A., García-Porchas, M., Santiago-Hernández, V.G., Vasquez-Navarro, R.A. 2013. Estrategias de mercado para productos a base de chiltepín en la sierra de sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*. XVII (32):359-370.
- Cruz-Pérez, A.B., González -Hernández, R.M., Soto-Hernández, M.A., Gutiérrez-Espinoza, A., Gardea-Bejar and Pérez -Grajales, M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto manzano. *Agrociencia*. 41: 627-635.
- Curry, J., Aluru, M., Mendoza, M., Nevarez, J., Melendez, M., O'connell, M.A. 1999. Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent capsicum spp. *Plant Science*.148:47–57.
- D'arcy, W.A., Eshbaugh, W.H., 1974. New World peppers (*Capsicum*-Solanaceae) north of Colombia: A resumé. *Baileya*, 19: 93-105.
- Dávalos, A., Fernández-Hernando, C., Cerrato, F., Martínez-Botas, J., Gómez-coronado, D., Gomez-Cordoves, C. and Lasuncion, M. A. 2006. Red Grape Juice Polyphenols Alter Cholesterol Homeostasis and increase ldl -receptor activity in human cells in vitro. *J. Nutr.* 136 1766 –1773.
- Deepa, N., Charanji, T K., Binoy, G., Balraj, S., Kapoor H.C. 2007 Antioxidant constituents in some sweet pepper (*capsicum annum l.*) genotypes during maturity. *Division of post-harvest technology*. 40:121–129.
- Delgado, L.E. and Marín, V.H. 2013. Interannual changes in the habitat area of the black-necked swan, *Cygnus melancoryphus*, in the Carlos Anwandter Sanctuary, Southern Chile: a remote sensing approach. *Wetlands*. 33: 91-99
- Dkhil, M. A. and Al-Quraishy, S. 2010. Effects of extensive consumption of hot red pepper fruit on liver of rabbit. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4: 2533-2538.

- El-Gendy., K.S., Aly, N.M., Mahmoud, F.H., Kenawy, A., El-Sebae, A.K. 2010. The role of vitamin C as antioxidant in protection of oxidative stress induced by imidacloprid. *Food and Chemical Toxicology*, 48:215-222.
- FAOSTAT (2011). Production.
- Ferrari, C., K. B. and Torres, E. A. F., 2003. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. *Biomed pharmacother.* 57 251-260.
- Ghasemnezhad, M., Sherafati, M., Payvast, G.A. 2011. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. *Journal of Functional Foods.* 3:44-49.
- Gentry, H. 1942. Rio Mayo Plants. Carnegie Institution of Washington, D. C.
- González-Zamora, A., Sierra, E., Luna, J.G., Pérez, R., Rodríguez., J.C., Garcia-Hernandez, J. L 2013. Characterization of different Capsicum varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance Liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules.* 18: 13471-13486
- Govindarajan, V.S. 1985. Capsicum: production, technology, chemistry and quality. I. Botany, cultivation and primary processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 22:109-176.
- Gregory, G.K., T. Chen, and Philip. T. 1987. Quantitative analysis of carotenoids and carotenoid esters in fruits by hplc, red bell peppers. *J. Food Sci.* 52 1071-1073.
- Grotewold, E. 2006 The genetics and biochemistry of floral pigments. *Annu Rev Plant Biol.* 57:761-80.
- Gruber, N. and Galloway, J.N. 2008. Galloway An earth system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature.* 451: 293-296.

- Heresch. F., Jurenitsch, J. 1979. Off-line mass spectrometric monitoring of HPLC effluents — an improved identification and quantitation method for mixtures of similar compounds: Natural capsaicinoids. *Chromatographia*. 12(10):647–650
- Hernández-Verdugo S., R. Luna-Reyes and K. Oyama, 2001. Genetic structure and differentiation of wild and domesticated populations of *Capsicum annuum* from Mexico. *Plant Syst.* 226: 129-142.
- Hernández-Verdugo, S., Porras F., Pacheco-Olvera, A., López-España, R.G., Villarreal-Romero., M., Parra-Terraza, S., Osuna, E.T. 2012 Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) silvestre del noroeste de México. *Polibotánico*. 33:175-191
- Hernández-Verdugo. S., Dávila, P., Oyama, K. 1999. “Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*”. *Bol. Soc. Bot. Méx.*, 64:65- 84.
- Hernández-Ortega, H.A., Alarcón, A., Ferrera-Cerrato, R., Zavaleta-Mancera, H.A., López-Delgado, H.A., Mendoza-López, M.R. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrient status, and total antioxidant activity of *Melilotus albus* during phytoremediation of a diesel-contaminated subsastre. *Journal of Environmental Management*. 95:319-324.
- Hornero-Mendez, D., Costa-Garcia, J., Minguez-Mosquera, M. I. 2002. Characterization of carotenoid high-producing *Capsicum annuum* cultivars selected for paprika production. *J. Agric. Food Chem.* 50:5711-5716
- Howard, L. R. and Wagner, A. B. 1997. Firmness and Cell Wall Characteristics of Pasteurized Jalapeño Pepper Rings as Affected by Preheating and Storage. *Journal of Food Science*. 62: 89-93.

- Howard, L.R., Talcott, S.T., Brenes, C.H., Villalon, B. 2002. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum species*) as influenced by maturity. *J. Agric. Food Chem.* 48:1713-1720.
- Ilow, R., Regulska, Ilow, B., Walkiewicz, G., Biernat, J. & Kowalisko, A. 2008. Evaluation of bioflavonoid intake in the diets of 50 year old inhabitants of wrocław. *Adv. Clin. Exp. Med.* 17(3) 327–336.
- Instituto Nacional De Estadística y Geografía (INEGI). Consultado 07/09/2016 en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos/geográficos/26/26003.pdf>
- Iwai, K., Suzuki, T., Fuji Wake, H. 1979. Formation and accumulation of pungent principle of hot pepper fruits, capsaicin and its analogues, in *capsicum annum* var. *annuum* cv. *karayatsubusa* at different growth stages after flowering. *Agric.Biol. Chem.* 43 2493-2498.
- Jiang, B.H., Jiang, G., Zheng, J.Z., Lu, Z., Hunter, T., Vogt, P.K. 2001. Phosphatidylinositol 3-kinase signaling controls levels of hypoxia-inducible factor 1. *Cell Growth Differ.*12:363-369.
- Joe, B., Lokesh, B.R. 1997. Prophylactic and therapeutic effects of n-3 pufa, Capsaicin and curcumin adjuvant induced arthritis in rats. *J. Nutr. Biochem.* 8:397–407.
- Kritchevsky, S. B., Tell, G. S., Shimakawa, T., Dennis, B., Li, R., Kohlmeier, I., Steere, E., and Heiss, G. 1998. Provitamin a carotenoids intake and carotid artery plaques: the atherosclerosis risk in communities study. *American Journal of Clinical Nutrition.* 68:726–733.
- Lampe, J.W., 2003. Spicing up a vegetarian diet: chemopreventive effects of phytochemicals. *Am J Clin Nutr.* 78:579S–583S.
- Lee, J.J., Crosby, K.M., Pike, L.M., Yoo, K.S., Leskovar, D.I. 2005. Impact of genetic and environmental variation on development of flavonoids and carotenoids in pepper (*Capsicum spp.*). *Scientia Horticulturae.* 106:341-352

- Leete, E., Louden, M. 1968. Biosynthesis of capsaicin and dihidrocapsaicina in *capsicum frutescens*. *J. Amer. Chem. Soc.* 90 6837–684.
- Levy, A., Harel S., Palevitch, D., Akiri, B., Menagem, E., Kanner, J. 1995. Carotenoid pigments and β -carotene in paprika fruits (*capsicum spp.*) with different genotypes. *J. Agr. Food Chem.* 43 362–366.
- López-López. Á., Espinoza-Santana. S., Cedeña-Duran, C., Ruiz-Alvarado C., Núñez-Ramírez, F., Araiza-Zúñiga, D. 2015. Biosíntesis, acumulación y efecto del ambiente sobre compuestos antioxidantes del fruto del cultivo de chile (*Capsicum spp.*). *BioTecnia*. XVII (2):50-57.
- Long, J. 1998. *Capsicum y cultura: la historia del chilli*. México, D. F., Fondo de Cultura Económica.
- Maillard, M. N., Pierre G., Hubert, M., Richard, M.J. 1979. Analysis of eleven capsaicinoides by reversed-phase high performance liquid chromatography in volatile compounds in foods and beverages. *F. Heresch and J. Jurenitsch, Chromatographia*. 12: 647.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I. 2004. Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:3861-3869.
- Martínez, L., Cilia, I., Beltrán, J. A., Roncales, P. 2006. Effect of *Capsicum annuum* (Red Sweet and Cayenne) and *Piper nigrum* (black and white) pepper powders on the shelf life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science* 71:48-53.
- Matsufuji, H., Nakamura, H., Chino, M., and Takeda, M. (1998). Antioxidant Activity of Capsanthin and the Fatty Acid Esters in Paprika (*Capsicum annuum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 3468-3472.
- Medina-Martínez, T., Villalón-Mendoza, H., Pérez-Hernández, J.M., Sánchez Ramos, G., Saunas-Hernández, S. 2010. Avances y perspectivas de investigación del chile piquín en Tamaulipas, México 4(4):16-21

- Mejía, L.A., Hudson, E., Gonzalez De Mejia, E., Vazquez, F. 1988. Carotenoid content and vitamin A activity of some common cultivars of Mexican peppers (*Capsicum annuum*) as determined by HPLC. *J. Food Sci.* 53:1448–1451.
- Menichini, F.R., Tundis, M., Bonesi. 2009. The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry.* 114:553–560
- Montoya-ballesteros. L.C., Gardea-Béjar, A., Ayala-Chávez, G.M., Martínez-Núñez, Y.Y., Robles-Ozuna, E.L. 2010. Capsaicinoides y color en chiltepín (*Capsicum annuum* var. *aviculare*). Efecto del proceso sobre salsas y encurtidos. *Revista Mexicana de Ingeniería Química.* 9(2):197-207.
- Morán-Bañuelos, S.H., Aguilar-Rincón, V.H., Corona-Torres, T., Castillo-González, F., Soto-Hernández, R.M., San Miguel-Chávez, R. 2008. Capsaicinoides en chiles nativos de Puebla, México. *Agrociencia.* 42:807-816.
- Mózsik, G., Domotor, A., Past, T., Vas, V., Perjési, P., Kuzma, M., Blazics, G. & Szolcsányi, J. 2009. Botanical taxonomy. In: Mózsik, G. (ed.) *Capsaicinoids from the plant cultivation to the production of the human medical drug.* Budapest, Hungary: Akadémiai Kiadó.
- Natarajan, K., T.R., Singh, S., Burke, D., Grunberger, B.B., Aggarwal. 1996. Caffeic acid phenylethyl ester is a potent and specific inhibitor of activation of nuclear transcription factor NF-kappa B. *Proc. Nat. Acad.* 93:9090-9095.
- Navarro, J. M., Flores, P., Garrido, C. and Martínez, V. 2006. Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chemistry.* 96: 66-73.
- Nilsson, G., Alving, K., and Ahlstedt, S. 1991. Effects of immune responses in rats after neuromanipulation with capsaicin. *J. Immunopharmacol.* 13- 21,
- Ochoa-Alejo, N., Gomez-Peralta, J.E. 1993. Activity of enzymes involved in capsaicin biosynthesis in callus tissue and fruits of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *J plant physiol.* 141 147–152.

- Oñate-Ocaña, L. F. 2001. Gastric cancer in Mexico. *Epidemiology note*. 4: 162-164.
- Orellana-Escobedo, L., Garcia-Amezquita, L.E., Olivas, I.G., Ornelaz-Paz, J.J., and Sepulveda. 2012. Capsaicinoids content and proximate composition of Mexican chili peppers (*Capssicum spp.*) cultivated in the State of Chihuahua. *CyTA-Journal of Food*. 11:179-184.
- Ornelas-Paz, J. D. J., Yahia, E. M. & Gardea-Béjar, A. (2007). Identification and Quantification of Xanthophyll Esters, Carotenes, and Tocopherols in the Fruit of Seven Mexican Mango Cultivars by Liquid Chromatography–Atmospheric Pressure Chemical Ionization–Time-of-Flight Mass Spectrometry [LC-(APCl⁺)-MS]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 6628-6635.
- Ornelas-Paz, J.J., Martínez-Burrola, J.M., Ruiz-Cruz, S., Santana-Rodríguez, V., Ibarra-Junquera, V., Olivas, G.I., Pérez-Martínez, D. 2010. Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. *Food Chemistry*. 119:1619-1625.
- Pedraza-Robles, L.C. and Gómez A.A. 2008. Análisis exploratorio del mercado y la comercialización de chile piquín (*Capsicum. annum, var. Aviculare*) en México.
- Perucka, I. 1996. Ethephon induced changes in accumulation of carotenoids in red pepper fruit *Capsicum annum L.* *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 5/46, 61–68.
- Sukrasno, N., Yeoman M.M., 1993. Phenylpropanoid Metabolism During growth and development of cap-sicum frutescens fruits. *Photochemistry* 32 839-844.
- Robles, J., Garza, C. 2011 “Nuevas condicionantes en las organizaciones de los sistemas alimentarios: el caso del sistema vid de mesa de Sonora” en Bienestar y desarrollo en el siglo XXI. Coord. Luis Huesca CIAD-COLEF, Ed. Díaz de Santos.
- Roca, M., Mínguez
- Mosquera, M.I. 2007. Chlorophyll catabolism pathway in fruits of capsicum annum (l) stay- green versus red fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 55:1568–1573.

- Rojas-Aréchiga, M., Casas, A., Vázquez-Yanes, C. 2001. Seed germination of wild and cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central México. *Journal of Arid Environments*. 49:279-287
- Russo, V. and Howard, L. 2002. Carotenoids in pungent and non-pungent peppers at various developmental stages grown in the field and glasshouse. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 615-624.
- Salgado-Garciglia, R., Ochoa-Alejo, N. 1990 Increased capsaicin content in PFP-resistant cells of chili pepper (*Capsicum annum* L.). *Plant Cell Rep*. 8:617-420.
- Simonne, A., Simonne, E., Eitenmiller, R., Mills, H. 1997. Green N., Ascorbic acid and provitamin a contents in unusually colored bell pepper (*capsicum annum* L.). *J Food Comp anal*.10 299-311.
- Sukrasno, N., Yeoman, M.M. 1993. Phenylpropanoid Metabolism During growth and development of *capsicum frutescens* fruits. *Photochemistry* 32:839-844.
- Surh, Y., and Lee, S. S.1996. Capsaicin in hot chili pepper, carcinogen or ant carcinogen. *Food and Chemical Toxicology*. 34:313–316.
- Schieber, A., Carle, R. 2005. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications. *Trends in Food Science & Technology*. 16:416–422.
- Tewksbury, J.J., Nabhan, G.P., Norman D.M., Suzan, H., Toxill, J., Donovan, J .1999. In situ conservation of wild chiles and their biotic associates. *Conserv Biol* .13:98–107
- Topuz, A., Ozdemir, F. 2005. Assesment of carotenoids capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*capsicum annum* L.) grown in turkey. *Food chem*. 93:713–718.
- Valadez-Bustos, M.G., Aguado-Santa Cruz, G.A., Carrillo-Castañeda, G., Aguilar-Rincon, V.H., Espitia-Rangel, E., Montes-Hernández, S., Robledo-Paz, A. 2009. In vitro propagation and agronomic performance of regenerated chili

pepper (*Capsicum spp.*) plants from commercially important genotypes. *Developmental Biology/Morphogenesis*.45:650–658

Villalón M.H., Medina M.T., Ramírez M.M. 2013. Factores de calidad de la semilla de chile silvestre (*Capsicu manuum L. var. glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 4(17):182-187.

Vinson, J.A., Hao, Y., SU, X. and Zubik, I.1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46 3630–3634.

Wall, M.M., Waddell, C.A., Bosland, P.W. 2001. Variation in β -Carotene and Total Carotenoid Content in Fruits of *Capsicum*. *Hort Science*. 36:746-749.

Yahia., E.M. and Ornelas-paz, J.J. 2010. Chemistry, Stability, and Biological Actions of Carotenoids. *In: De La Rosa, L.A., Alvarez-Parrilla, E. and González-Aguilar, G.A. (eds.) Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability*. Ames, IA, USA: Blackwell Publishing.