



**TRABAJO PROFESIONAL  
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**QUE PRESENTA:**

**ADRIANA GUADALUPE VÁZQUEZ PANIAGUA**

**CON EL TEMA:**

*“Evaluación del contenido de Capsaicina y composición Fisicoquímica en el proceso de elaboración de salsas de chiles silvestres de la Región de Chiapas.”*

**MEDIANTE:**

**OPCION X**

**(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)**

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS**

Por darme fortaleza, sabiduría, paciencia, bendiciéndome para culminar esta etapa de mi vida, demostrándome que con fe todo es posible.

### **A MIS PADRES**

Por ser el impulso más grande de mi vida para lograr realizar y ver cumplida esta meta, por esforzarse día con día, creer en mí y darme la confianza para vencer cualquier obstáculo, a ellos le debo todo lo que soy y lo he logrado.

### **A MI HERMANA**

Por ser mi compañera, creer en mí, darme fortaleza y motivarme para seguir adelante siempre.

*"La paciencia y la perseverancia tienen un efecto mágico ante el cual las dificultades desaparecen y los obstáculos se desvanecen".  
—John Quincy Adams*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez por darme las herramientas y conocimientos para desempeñarme de manera profesional.

A la Universidad Tecnológica de la Selva por abrirme sus puertas y brindarme el apoyo durante la investigación.

A la Dra. Thelma Lucia Rosado Zarrabal quien fue mi revisora, por aconsejarme, asesorarme y dirigirme durante la investigación.

A mis revisores: M.C. Rocío Farrera Alcázar, Ing. Luis Alberto Jiménez Zebadúa, Q.B.P Eucario Zenteno Velasco, Marco Antonio Mazariegos, quienes con sus conocimientos, apoyo, confianza, dedicación y paciencia me guiaron en la redacción de este trabajo.

Al Ing. Biotecnólogo Alexander Ramírez Ocaña por el apoyo incondicional que me brindo en el trayecto de la investigación, por su confianza y consejos.

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	2
<b>3. OBJETIVOS GENERAL</b>	3
3.1. OBJETIVO ESPECÍFICO	3
<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPO</b>	4
4.1. Área de la empresa en donde se desarrollará el proyecto	4
4.2. Localización geográfica de la Universidad Tecnológica de la Selva	4
<b>5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	5
<b>6. ALCANCES Y LIMITACIONES</b>	5
<b>7. FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	6
7.1.1. Importancia del cultivo de chile	6
7.1.2. Origen geográfico y distribución	6
7.1.3. Clasificación taxonómica y descripción botánica del chile	7
7.1.4. Clasificación morfológica y fisiológica	8
7.2. Especies	9
7.2.1. Genero Capsicum	9
7.2.2. Composición Nutrimental y sus propiedades	10
7.3. Capsaicinoides	10
7.3.1. Capsaicina	11
7.3.2. Características Físico – Químicas	12
7.3.3. Uso de la Capsaicina	12
7.3.4. Efectos sensoriales de la capsaicina	12
<b>8. ESTUDIOS REALIZADOS</b>	13
<b>9. METODOLOGIA</b>	14
9.1. Clasificación y recolección de 4 genotipos de la Regio selva	14
9.2. Extracción del contenido de Capsaicina en Chiles	16
9.2.1. Recolección	16
9.2.2. Preparación de la muestra	16
9.2.3. Extracción solido-liquido	17
9.3. Elaboración de salsas de chile	18
9.3.1. Diagrama de Flujo	19
9.4. Cuantificación de Capsaicina	21
9.4.1. Preparación de solución stock:	21
9.4.2. Elaboración de la curva de calibración	21
9.4.3. Preparación de Estándares:	22

9.4.4. Cuantificación del contenido de capsaicina en los extractos de chiles.	23
9.4.5. Cuantificación del contenido de capsaicina en las salsas de chiles procesadas.	23
9.5. Análisis Bromatológico	24
9.5.1. Fisicoquímicos	24
9.5.2. Sensoriales	25
<b>10. RESULTADOS</b>	27
10.1. Curva de calibración	27
10.2. Cuantificación de capsaicina	29
10.2.1. En extractos	29
10.2.2. En las salsas	30
10.3. Comparación de la concentración de:	31
10.3.1. Capsaicina antes y después del proceso de elaboración de salsas.	31
10.3.2. Capsaicina entre los 4 genotipos analizados	32
10.3.3. Capsaicina con otros Estudios realizados en diferentes temporadas	33
10.4. Análisis Bromatológicos	34
10.4.1. Fisicoquímicos	34
10.4.1.1. Porcentaje de Humedad	34
10.4.1.2. Porcentaje de Grasa Cruda	37
10.4.1.3. Determinación de pH	39
10.4.2. Sensoriales	40
<b>11. CONCLUSIONES</b>	44
<b>12. RECOMENDACIONES</b>	44
<b>13. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA</b>	45

#### **Figuras:**

1. Localización de la Universidad Tecnológica de la Selva	4
2. Anatomía del pimiento o chile	8
3. Molécula de Capsaicina	12
4. <i>C. annuum L Magnoliopsida</i> (Chile Tonich)	14
5. <i>C. annuum L. Aviculare</i> (Chile Volte)	14
7. <i>C. chinense jacq. Aviculare</i> (Chile habanero)	15
6. <i>C. L.frutescens baccatum</i> (Chile Siete caldos)	15
8. Genotipos de chiles secos	16
9. Extracción sólido –líquido	17
10. Extractos de chiles	17

Salsas de:

11. <i>C. annuum</i> L. <i>Aviculare</i> . (Chile Volte)	20
12. <i>C. annuum</i> L <i>Magnoliopsida</i> (Chile Tonich)	20
13. <i>C. L.frutescens baccatum</i> (Chile 7 Caldos)	20
14. <i>C. chinense jacq. Aviculare</i> (chile Habanero)	20
15. Espectrofotómetro (Bio-Rad/ SmartSpect- Plus)	21
16. Soluciones con diferentes concentraciones	23
17. Curva de calibración de capsaicina	27

Porcentaje de Humedad:

18. <i>C. annuum</i> L <i>Magnoliopsida</i>	34
19. <i>C. annuum</i> L. <i>Aviculare</i> .	35
20. <i>C. L.frutescens baccatum</i>	35
21. <i>C. chinense jacq. Aviculare</i>	36

Porcentaje de Grasa Cruda:

22. <i>C. annuum</i> L. <i>Aviculare</i> .	37
23. <i>C. annuum</i> L <i>Magnoliopsida</i>	37
24. <i>C. L.frutescens baccatum</i>	38
25. <i>C. chinense jacq. Aviculare</i>	38
26. pH de las salsas	39

Grafica de:

27. Resultados de aceptación	42
28. Salsa <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>	42
29. Salsa <i>Capsicum L.frutescens baccatum</i>	42

**Tablas:**

1. Composición nutricional del chile	10
2. Clasificación de capsaicina.	11
3. Concentración de Soluciones	22

Pruebas de:

4. Aceptación	26
5. Preferencia	26
6. Resultados obtenidos de Espectrofotómetro a 201 nm.	28
7. Concentracion de capsaicina	29
8. Concentracion de capsaicina en salsas	30

Comparación de Concentraciones:

9. <i>C. annuum</i> L. <i>Aviculare</i>	31
---	----

10. <i>C. annuum L Magnoliopsida</i>	31
11. <i>C. L. frutescens baccatum</i>	31
12. <i>C. chinense jacq. Aviculare</i>	32
<u>Porcentaje de Humedad:</u>	
13. <i>C. annuum L Magnoliopsida</i>	34
14. <i>C. annuum L. Aviculare.</i>	34
15. <i>C. L.frutescens baccatum</i>	35
16. <i>C. chinense jacq. Aviculare</i>	36
17. Porcentaje de grasa Cruda	37
18. pH de las salsas	39
19. Evaluación sensorial	40

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de chile en la región selva de Chiapas presenta una amplia variedad en sus especies y en el volumen en el que se produce.

La clasificación taxonómica de las especies que se encuentran en la zona selva presenta un punto importante de partida para su estudio, así como la evaluación de pungencia (grado de picante) que presentan; con esto se pretende evaluar el contenido de capsaicina presente en 4 genotipos previamente analizados y que presentaron mayor grado de pungencia, con la finalidad de comparar el contenido de capsaicina antes y después de la elaboración de salsa de estos mismos chiles estudiados con base a las normas Mexicanas correspondientes, esto para brindarle un mayor valor agregado a los productores que cultivan estos genotipos.

Los compuestos Capsaicinoides son el grupo de compuestos que le dan el sabor picante al chile, que dependen de siete alcaloides o Capsaicinoides estrechamente relacionados.

La evaluación de capsaicina tanto como en los chiles secos y en las salsas elaboradas se realiza por medio de las técnicas de espectrofotometrías, esto para comparar la variación antes y después del proceso.

Conocer el contenido de capsaicina en los chiles y salsas es una necesidad tanto como productores y para empresas que pretendan llevarla a la industria, para su producción y comercialización.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La Región Selva del Estado de Chiapas, presenta una importante variedad de especies de chiles que a continuación presentaremos, tales como: el **chile dulce** (*Capsicum annuum L.*) y **chile habanero** (*Capsicum annuum L.*) de palenque; **chile relleno** (*Capsicum annuum L.*) y **chile siete caldos** (*Capsicum frutescens L.*) de Comitán; **chile jalapeño** (*Capsicum annuum L.*), **chile blanco** (*Capsicum annuum L.*), **chile manzana** (*Capsicum pubescens R. y P.*) y **chile Tonich** (*Capsicum annuum L.*) de Yajalón, **chile volte** (*Capsicum annuum L.*) de Ocosingo; como es sabido el chile constituye una fuente importante de vitaminas y distintas sustancias necesarias para una buena alimentación, debido a su bajo costo es un cultivo accesible prácticamente para toda la población.

En un estudio previo con diez salsas de diferentes genotipos de chiles citados anteriormente se realizó una cuantificación y se numeró según el grado de pungencia que estas contenían, con ello se hizo una selección de cuatro genotipos de chiles que contenían un grado de pungencia importante. De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto pretende evaluar parámetros sensoriales y fisicoquímicos en salsas con chiles de diferentes genotipos de la región Selva de Chiapas, así como la extracción y cuantificación del contenido de capsaicina presentes en los genotipos estudiados, antes y después del proceso de elaboración de salsas de estos chiles, demostrando con ello que se puede llevar a cabo la industrialización y aprovechamiento de estos genotipos brindando así una alternativa a los productores para darle un valor agregado a su producción y a la industrialización de dicha materia prima.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los parámetros Físicoquímicos y Sensoriales de las Salsas de Chile (*capsicum annum L.*) a partir de genotipos colectados de la Región Selva de Chiapas para determinar el contenido de capsaicina antes y después del proceso de elaboración de salsas.

#### **3.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Mejorar la metodología previamente utilizada por Elva Altuzar 2011, para la elaboración de Salsas picantes a partir de genotipos de los chiles recolectados, para estandarizar parámetros en el proceso de elaboración de las salsas: pH, temperatura, tiempo y acidez de las salsas.
- Extraer las oleorresinas presentes en los 4 genotipos de Chiles recolectados en la región selva de Chiapas.
- Evaluar el contenido de Capsaicina en los diferentes genotipos de chiles, antes y después del proceso de la elaboración de salsas.
- Realizar un análisis Bromatológico que comprenda parámetros físicoquímicos: humedad, pH, % de grasa Cruda; y Sensorial en las salsas: Olor, Color y Sabor.

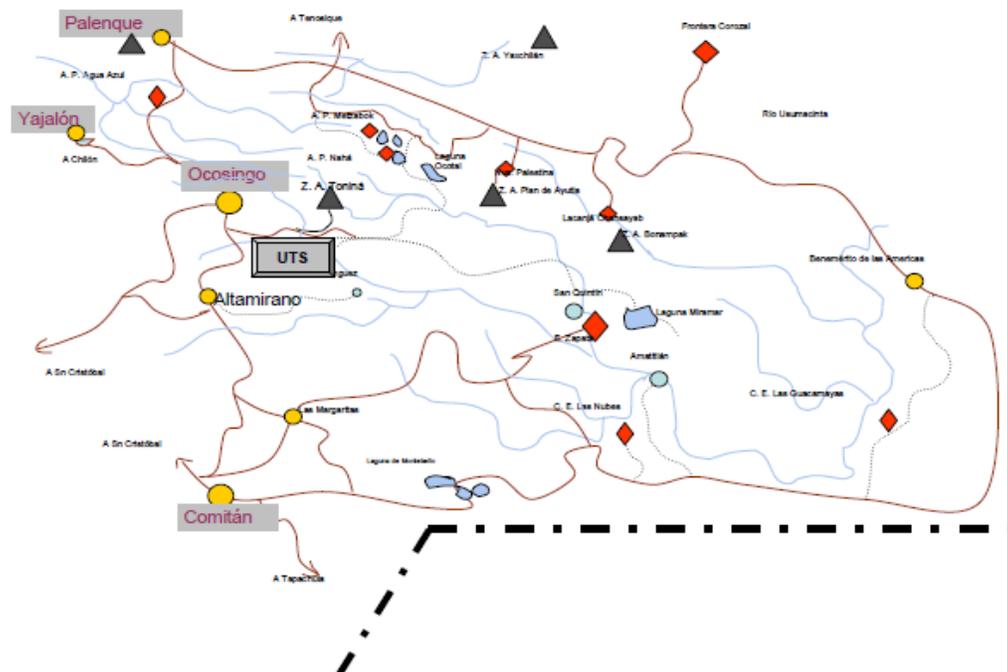
## 4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPO

### 4.1. Área de la empresa en donde se desarrollará el proyecto.

El presente proyecto fue realizado en la Universidad Tecnológica de la Selva, en el área de división Agroalimentaria, y en los talleres de procesos agroindustriales.

### 4.2. Localización geográfica de la Universidad Tecnológica de la Selva

La Universidad Tecnológica de la Selva se encuentra en el municipio de Ocosingo, que se localiza en la región VI Selva, en el extremo del estado de Chiapas y la cabecera municipal está ubicada a 16° 54' 21" latitud norte y 92° 5' 30" longitud oeste y a una altitud de 900 m/n.m. Limita al norte con el municipio de Palenque; al este y sur con la república de Guatemala; al suroeste con el municipio de las Margaritas y al oeste con los municipios de Chilón, Sitalá, Tenejapa, Oxchuc y Altamirano; su extensión territorial es de 10,691 kilómetros cuadrados, que representa el 14.36 % con relación a la estatal y el 0.546 % de la nación.



**Figura 1.** Localización de la Universidad Tecnológica de la Selva. Entronque Tonina kilómetro 0.5. Carretera Ocosingo-Tonina

## **5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Existe una amplia variedad en las especies de chiles que se encuentran en la Región Selva del Estado de Chiapas, que se pueden recolectar de plantas silvestres o en otros casos de plantas domesticadas, que por no requerir de técnicas agrícolas sofisticadas, hacen que su producción sea sencilla, sin embargo, esto acarrea un desperdicio en su estado natural, debido a una sobreproducción. Así mismo, los productores por carecer de conocimientos relacionados con las especies colectadas o cultivadas y metodologías para su conservación y aprovechamiento a través de la industrialización, podrían generar la falta de interés en el cultivo y la producción de chiles. El presente proyecto tiene el propósito de fortalecer los conocimientos de los productores mediante la estandarización y evaluación sensorial de salsas de chile a partir de genotipos de la región Selva de Chiapas, esto para que los productores puedan darle un valor agregado a sus cultivos.

## **6. ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **ALCANCES**

Se pretende brindar información a los productores de la región selva de Chiapas de cuáles son los genotipos cultivados que presenta mayor contenido de capsaicina de acuerdo con la temporada que se analizó, con una evaluación cuantitativa antes y después del proceso de elaboración de las salsas, como también cuales son las salsas de chile que presentan mayor preferencia por el sabor que presentan.

### **LIMITACIONES**

Una de las limitaciones para terminar de realizar las pruebas fue el tiempo de la residencia por lo que la cuantificación de capsaicina se realizó en chiles secos, los factores que influyeron fueron el tiempo de secado por cada genotipo, el tiempo de extracción de cada muestra ya que se hizo por triplicado y se utilizó un equipo a reflujo por 6 horas en cada genotipo.

## **7. FUNDAMENTO TEÓRICO**

El chile o pimiento, es un recurso agrícola en gran parte del mundo, en varios Países incluso forma parte de la cultura, al ser utilizado como saborizante dentro de la dieta diaria y en medicina tradicional. El chile contiene: agua, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B6, B12, vitamina C, azufre, calcio, cloro, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, niacina, potasio, sodio y yodo. Los pimientos son demandados por su sabor acre y pungente, y por la asociación de este sabor y sus propiedades colorantes (Cano & Manuel Francisco. 1997)

### **7.1.1. Importancia del cultivo de chile**

El cultivo de chile (*Capsicum spp.*) ha adquirido mucha importancia en los últimos años debido a que es considerado como uno de los principales complementos de la dieta mexicana, al grado de ser casi un emblema nacional y junto con el maíz, frijol, calabaza, camote, tomate, cebolla, ajo y variadas hierbas de olor, constituyen una dieta balanceada que aporta la mayor parte de los nutrientes que el ser humano requiere para un buen desarrollo y mantener la salud. (Cabrera, 2006).

Los chiles destinados a la transformación industrial, en forma general no necesitan cumplir para su venta con requisitos tan estrictos como en consumo fresco, ya que las únicas condiciones a exigir son las de estar sanos y libres de agentes químicos.

### **7.1.2. Origen geográfico y distribución**

Diversos autores coinciden al decir que el chile es nativo de América tropical y Las Antillas, sin embargo se considera que el centro de origen del ancestro común de los chiles fue Sudamérica (Brasil o Bolivia) que es donde existen más especies silvestres, pero se calcula que llegó a Mesoamérica hace miles de años, con toda seguridad dispersado por las aves migratorias que consumen los frutos y las semillas, y que eliminan en las excretas o son regurgitadas.

La especie *Capsicum* fue domesticada desde tiempos prehispánicos e incluso se utilizaba como pago de tributos entre los señoríos aztecas y después a los conquistadores españoles, que le llamaron “ají o “axí”. Se cree que pudo haber sido el primer cultivo domesticado de Mesoamérica.

Ya que existen restos de chile encontrados en el valle de Tehuacán, fechados entre 5000 y 3500 años a.c. y en otros muchos sitios arqueológicos del Altiplano al sur-sureste. Se considera que el chile piquín (*Capsicum annum L Magnoliopsida*) es el ancestro silvestre de todos los chiles cultivados en México. El cultivo de chile tiene una distribución nacional, desde Chihuahua a Chiapas, en lugares de climas templados a cálidos con abundantes lluvias, del nivel del mar hasta los 2,500 m de altitud. En cuanto a las variedades silvestres crecen en lugares a media sombra, en casi todos los tipos de vegetación y en zonas abiertas y acahuals (Hierba alta que surge de manera natural en terrenos que estuvieron en uso agrícola o pecuario en zonas tropicales) por donde transitan las aves.

### **7.1.3. Clasificación taxonómica y descripción botánica del chile**

- **Clasificación taxonómica**

Reino: Vegetal

Clase: Dicotyledonae

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum* L., *chinense* jacq., *frutescens* L., *pubescens* R. y P.

Variedad botánica: *annuum*

Variedad botánica: *Aviculare*

Variedad botánica: *baccatum* (L.) Irish

- **Clasificación botánica**

Nombre científico: *Capsicum annum*.

Nombre común: Chile, ají, pimiento.

Familia: Solanáceas

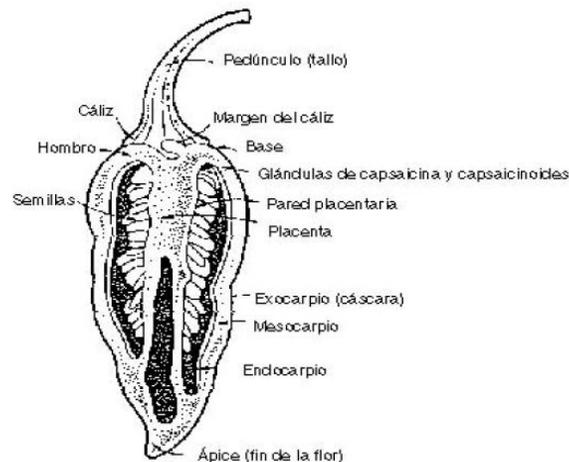
Origen: América tropical

Fruto: Baya cartilaginosa, anual.

#### 7.1.4. Clasificación morfológica y fisiológica.

Morfológicamente el cultivo de chile se clasifica como una hortaliza de frutos, por su parte utilizada como alimento. Cabe señalar, que las especies y variedades de chiles de forma general son plantas perennes, herbáceas, arbustivas o pequeños árboles; de hojas alternas, de diferentes formas y tallos cilíndricos o algo triangulares que llegan a medir hasta 1.5 m de altura. Las flores son axilares, de cinco pétalos unidos en forma de campana y pueden ser blancas, verdes o moradas; las anteras pueden ser azules, púrpuras o amarillas; las raíces son muy ramificadas y pueden alcanzar más de 1 m de profundidad. Los frutos varían de forma y color y las semillas son pequeñas, aplanadas, en forma de riñón y pueden ser blancas como el jalapeño poblano o serrano, o negras como el manzano, canario o chile de cera. (Cabrera, 2006).

El pimiento *Capsicum* comprende 4 partes principales que son: el pericarpio, placenta, semillas y tallo. El pericarpio es la pared del fruto que conforma aproximadamente el 38% del *Capsicum*, en él se distinguen 3 capas: el exocarpio es la capa externa, delgada y poco endurecida, el mesocarpio es una capa intermedia y carnosa y el endocarpio que es la capa interior y de consistencia poco leñosa. En promedio, la placenta comprende el 2% del chile, 56% de semillas y un 4% de tallos. La propiedad que separa a la familia *Capsicum* de otros grupos vegetales, es un grupo de alcaloides denominados Capsaicinoides. En particular, una sustancia cristalina excepcionalmente potente y acre, que no existe en ninguna otra planta es la capsaicina, y es la principal fuente de acritud y pungencia en el pimiento *Capsicum*.



**Figura 2.** Anatomía del pimiento o chile

## 7.2. Especies

Según Cabrera 2006, gran entrecruzamiento entre las diversas especies, ha dado lugar a muchísimas variedades, algunas de ellas posiblemente sin determinar. Así mismo, reciben diferentes nombres ya sea en lenguas indígenas o en español, y muchos casos reciben un nombre fresco y otro estando seco.

***Capsicum annum L. var. Annum:*** Dentro de esta variedad encontramos al chile ancho, caribe, chipotle (pocchilli en náhuatl), guajillo o mirasol, güero, jalapeño, morita, mulato, pasilla, pimiento, poblano, serrano o verde (milchilli en náhuatl).

***Capsicum annum L. var. Aviculare:*** Como el chile de árbol (quauhchilli en náhuatl), boludo, cascabel, Chiapas (blanco), costeño, piquín (hiltecpin o chiltepín en náhuatl), tempenchile (derivado del nahuatltepetlchilli, que quiere decir “chile de cerro”).

***Capsicum chinense jacq:*** A esta especie se le conoce con el nombre de habanero, el cual se considera ser originario de Sudamérica.

***Capsicum frutescens L:*** Algunas variedades conocidas son el chile bolita, chile cara, cuachile, mira´parriba o Tabasco, siete caldos, Simojovel.

***Capsicum pubescens R.P:*** Se considera ser originaria de Los Andes y encontramos al chile canario, chile de cera y manzano.

### 7.2.1. GÉNERO *Capsicum*

El chile es una Solanácea con seis especies principales y diez especies secundarias. Es una planta anual, herbácea, de crecimiento determinado. Su raíz es pivotante con numerosas raíces adventicias, alcanzando una profundidad de 70-120 cm. La altura de las plantas varía de 0.30 a 1m, según las variedades. La flor del chile es frágil. El fruto es una baya generalmente amarilla o roja en su madurez. Las semillas son aplastadas y lisas, pudiendo contarse de 150-200 semillas/g; ricas en aceite y conservan su poder germinativo durante tres o cuatro años.

### 7.2.2. Composición nutricional y sus propiedades.

Diversos autores coinciden que el chile contiene más vitamina C que los cítricos, pero no contribuyen en mucho para cubrir los requerimientos diarios de esta vitamina, debido a que se consumen en pequeñas cantidades (pero se sabe que la ingesta de apenas 10 mg diarios evita el escorbuto). Aporta también vitamina A, y en menores cantidades, E, P, B, B1 (tiamina), B2 (riboflavina) y B3 (niacina).

Contrario de lo que la mayoría de las personas creen, los chiles menos picantes como el pimiento dulce o morrón contienen más vitamina C que los más picantes como el habanero, jalapeño, serrano, manzano, etc.

**Tabla 1.** - Composición nutricional del chile como hortaliza por 100 g.

Agua	G	NC
Proteína	G	1.170
Calcio	G	0.007
Fósforo	Mg	25.00
Hierro	Mg	0.80
Vitamina A	Mcg	690 V.I.
Vitamina B	Mg	0.07
Vitamina B2	Mg	0.07
Niacina	Mg	NC
Vitamina C	Mg	106.0

Fuente: López T. M, Horticultura. 1ª. ed. México: Trillas: 1994.

NC= No calculado

### 7.3. Capsaicinoides

El ingrediente activo de los chiles, considerado en un inicio como una sola sustancia: capsaicina, es una mezcla de homólogos di y tri insaturados, como lo demostraron los químicos japoneses S. Kosuge y Y. Inagaki en 1964. La mezcla es actualmente llamada Capsaicinoides. Los Capsaicinoides son producidos por glándulas en la placenta del chile, que es la parte superior justo debajo de tallo (Bonzand, 2000).

Los componentes pungentes del *Capsicum annum* incluyen por lo menos cinco compuestos conocidos como Capsaicinoides a los que incluso se les ha valorado su pungencia.

**Tabla 2.** Clasificación de capsaicina comúnmente en *capsicum annum*.

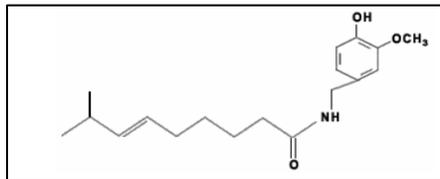
Nombre	Nombre científico	Unidades Scoville	Porcentaje
Capsicina (C)	trans-8-metil-n-vanilil-6-nonamida	16,000,000	69 %
Dihidrocapsicina (DHC)	8-metil-n-vanilil-nonamida	16,000,000	22 %
Nordihidrocapsicina (NDHC)	7-metil-n-vanilil-octamida	9,100,000	7 %
Homodihidrocapsicina (HDHC)	9-metil-n-vanilil-decamida	8,600,000	1 %
Homocapsicina (HC)	trans-9-metil-n-vanilil-7-decenamida	8,600,000	1 %

### 7.3.1. Capsaicina

El principal ingrediente activo que causa la pungencia en los chiles es un compuesto sólido cristalino en forma de agujas llamado capsaicina. La capsaicina es un alcaloide increíblemente poderoso aparentemente inafectable por el frío o el calor, el cual retiene su potencial a pesar del tiempo, cocinado o congelado. Dado que no tiene sabor, color u olor, solo incita la liberación de neurotransmisores que estimulan las células trigeminales, puntos receptores de dolor, en la lengua, estómago y boca. En respuesta a este estímulo, el cerebro libera endorfinas, las cuales proporcionan al cuerpo una sensación placentera, se acelera el metabolismo y ritmo cardíaco, se libera más saliva, se suda y se crea un estado temporal de euforia. A pesar de que no tiene sabor es uno de los compuestos más pungentes conocidos, detectable al paladar en diluciones de 1 a 70 millones. Es poco soluble en agua, pero muy soluble en alcohol, grasas y aceites. La capsaicina está disponible en forma natural o sintética. Se debe tener extremo cuidado con los compuestos sintéticos análogos que se emplean para aumentar la pungencia en extractos de *Capsicum* y también en imitaciones de óleo resinas *Capsicum* para reducir costos de producción. Algunos compuestos sintéticos análogos conocidos son: N-vanililoctanamida, N-vanililnonanamida, N-vanilildecanamida, N-vanililundecanamida y N-vanililpaiperiacidamida. Estos compuestos son ácidos en forma natural y causan serios daños a la salud (Contreras, 1998).

### 7.3.2. Características físico - químicas.

La Capsaicina tiene la siguiente fórmula:  $C_{18}H_{27}O_3N$ , con un peso molecular de 305.199 g/g-mol. Forma cristales en forma de aguja, es inodora, con un punto de fusión de  $64.5^{\circ}C$  y un punto de ebullición de  $210 - 220^{\circ}C$ . A una presión absoluta de 0.01 mm Hg, se sublima a  $115^{\circ}C$  y presenta su máxima absorción en UV a 227– 228nm. Es soluble en éter etílico, alcohol etílico, acetona, alcohol metílico, ácido acético, tetracloruro de carbono, benceno y álcalis calientes. Es insoluble en agua fría (García& Ortega, 1996).



**Figura 3.** Molécula de Capsaicina

### 7.3.3. Uso de la Capsaicina

Los usos de los frutos frescos o procesados de Capsicum son múltiples. Aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o "especia" en comidas típicas, existe una gran gama de productos transformados que se usan en la alimentación humana: secos o deshidratados, en encurtidos, enlatados, en pastas, en salsas y congelados. Un uso muy importante del chile en el mundo, es el de extraerles pigmentos y utilizar el colorante naturalmente en cosméticos, pinturas y alimentos. El uso industrial más innovador del chile es la extracción de su oleorresina. De esta se obtiene la Capsaicina pura. La Capsaicina tiene usos industriales diversos, en la alimentación humana y animal, en la medicina y hasta en la seguridad personal; como también para pintura en barcos. (Mile L & Andre L.1975).

### 7.3.4. Efectos sensoriales de la capsaicina

Como ya se ha dicho, la responsable del picor es la capsaicina que es una sustancia alcaloide, soluble en medios ácidos, grasos y alcohol. Por lo que, al ingerirla a través de una salsa picante el efecto es una sensación virtual de demasiado calor y que puede ser remediado parcialmente al ingerir alimentos que contengan leche como son todos los productos lácteos, ya que estos contienen sustancias alcalinas, pero sobretodo contiene una proteína llamada caseína que se une con los enlaces de la capsaicina, neutralizándola.

## 8. ESTUDIOS REALIZADOS

En el Departamento de Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya, México se lograron separar y cuantificar 13 compuestos Capsaicinoides de diferentes variedades de Chiles con Diferente Calidad Pungente utilizando Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). (Ma. Guadalupe Herrera Hernández & David Hernández López, 2002).

En el mismo año se realizó la separación de Capsaicina y Dihidrocapsaicina extraídos de Chile Habanero *Capsicum Aviculare chinense jacq.* (Kurian AL & Starks. 2002.)

Dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala se han realizado estudios sobre distintas variedades de Capsicum, donde se realizaron extracciones de distintos géneros de Capsicum y se obtienen extractos en forma de oleorresinas, las cuales son analizadas posteriormente en el extranjero. (German Manuel Peralta Calito, 2007)

Se realizó un estudio para cuantificar el contenido de capsaicina, mediante un espectrofotómetro (Geneys 10 uv Thermo Electro Corp) a una longitud de onda de 286 nm. Posteriormente, se determinó la absorbancia de la capsaicina en la fase orgánica en las lecturas se realizaron por triplicado para cada muestra. Para determinar la concentración de capsaicina en las muestras, se construyó una curva de calibración con este antioxidante (Sigma, Co) en un intervalo de 0-0.40 mg+ml<sup>-1</sup>. (H. Ramírez., O. Méndez Paredes; A. Benavides-Mendoza, 2007).

Se compararon dos métodos de extracción de oleorresina del chile habanero *Capsicum Aviculare chinense jacq.* Se cuantificó la cantidad de Capsaicinoides presentes en cada uno de los extractos obtenidos. Las metodologías de extracción probadas fueron: lixiviación con etanol al 60% y extracción Soxhlet con acetato de etilo. Para la cuantificación de capsaicina se utilizó un espectrofotómetro UV, tomado como blanco metanol. (Fernando López-Hernández, 2011)

Se realizó un estudio para Estandarizar y evaluar sensorialmente salsas de chile a partir de 10 genotipos de la región Selva de Chiapas, mediante pruebas sensoriales. (Elva Magali Altuzar Gómez, 2011)

## 9. METODOLOGÍA

### 9.1. Clasificación de 4 genotipos de la Regio selva.

Se realizó la clasificación taxonómica mediante una revisión bibliográfica en un estudio realizado con 10 genotipos originarios de la región Selva de Chiapas que presentaron mayor grado de pungencia según Elva Altuzar Gómez 2011. Seleccionando 4 genotipos que presentaron el mayor grado de pungencia.

<b>Nombre común:</b> tempenchile, bolita, Penpenchile.	
<b>Reino:</b> <i>plantae</i>	
<b>Clase:</b> <i>Dicotyledonae</i>	
<b>Orden:</b> Solanales	
<b>Familia:</b> Solanáceas	
<b>Género:</b> <i>Capsicum</i>	
<b>Especie:</b> <i>C. annuum L.</i>	
<b>Var. Botánica:</b> <i>Magnoliophyta</i>	<b>Figura 4.</b> <i>Capsicum annuum L.</i> <i>Magnoliophyta</i>

<b>Nombre Común:</b> Volte	
<b>Reino:</b> Vegetal	
<b>Clase:</b> <i>Dicotyledonae</i>	
<b>Orden:</b> Solanales	
<b>Familia:</b> Solanáceas	
<b>Género:</b> <i>Capsicum</i>	
<b>Especie:</b> <i>annuum L.</i>	
<b>Var. Botánica:</b> <i>Aviculare</i>	<b>Figura 5.</b> <i>Capsicum annuum L.</i> <i>Aviculare</i>

<b>Nombre común:</b> siete caldos.	
<b>Reino:</b> Vegetal	
<b>Clase:</b> Dicotyledonae	
<b>Orden:</b> Solanales	
<b>Familia:</b> Solanáceas	
<b>Género:</b> <i>Capsicum</i>	
<b>Especie:</b> frutescens L.	
<b>Var. Botánica:</b> baccatum L.	<b>Figura 6.</b> <i>Capsicum frutescens</i> L. baccatum L.

<b>Nombre común:</b> habanero	
<b>Reino:</b> Vegetal	
<b>Clase:</b> Dicotyledonae	
<b>Orden:</b> Solanales	
<b>Familia:</b> Solanáceas	
<b>Género:</b> chinense jacq.	
<b>Var. Botánica:</b> aviculare	<b>Figura 7.</b> <i>Capsicum chinense</i> jacq. Aviculare

## 9.2. Extracción del contenido de Capsaicina en Chiles

### 9.2.1. Recolección

Se tomaron 4 muestras de diferentes genotipos de la región selva, durante los meses de septiembre a noviembre de 2012. Cada muestra consistió en aproximadamente 50 g de frutos de *Capsicum annum* con 2 repeticiones; se recolectaron las muestras en diferentes municipios Ocosingo, Yajalón, Comitán, Pamalá, los cuales fueron escogidos al azar y se empacaron en bolsas plásticas herméticas hasta su llegada al laboratorio, donde se guardaron en refrigeración hasta el momento de su análisis.

### 9.2.2. Preparación de la muestra:

Se pesaron 3 muestras de 50 g de *Capsicum annum L. Aviculare*, 3 muestras de 52 g de *Capsicum annum L Magnoliopsida*, 3 muestras de 52 g de *Capsicum L.frutescens baccatum* y 3 muestras de 80 g de *Capsicum chinense jacq.* El material vegetal se secó en una estufa de vacío a una temperatura de 60° C durante 1 día. El producto secó, se molió en una licuadora industrial y se guardó en un frasco ámbar



*Capsicum chinense jacq. Aviculare*



*Capsicum L.frutescens baccatum*



*Capsicum annum L. Aviculare*



*Capsicum annum L Magnoliopsida*

**Figura 8.** Genotipos de chiles seco

### 9.2.3. Extracción sólido-líquido

Se pesó 9 g de chile seco y molido. Prosiguiendo con la extracción de oleorresinas de los diferentes genotipos recolectados, mediante una extracción a reflujo continuo con un equipo soxhlet se utilizó como solvente etanol a 70° C por un tiempo de reflujo de 6 h siguiendo la metodología según Fernando López-Hernández 2011. El extracto se evapora a sequedad en un rota vapor.



**Figura 9.** Extracción sólido –líquido

Se obtuvieron 12 extracciones, de 4 diferentes genotipos de chiles con 3 repeticiones de cada especie.



Extracción *Capsicum annum* L. Aviculare



Extracción *Capsicum* L. frutescens baccatum



Extracción *Capsicum chinense* jacq.



Extracción *Capsicum annum* L. Magnoliopsida

**Figura 10.** Extractos de chiles

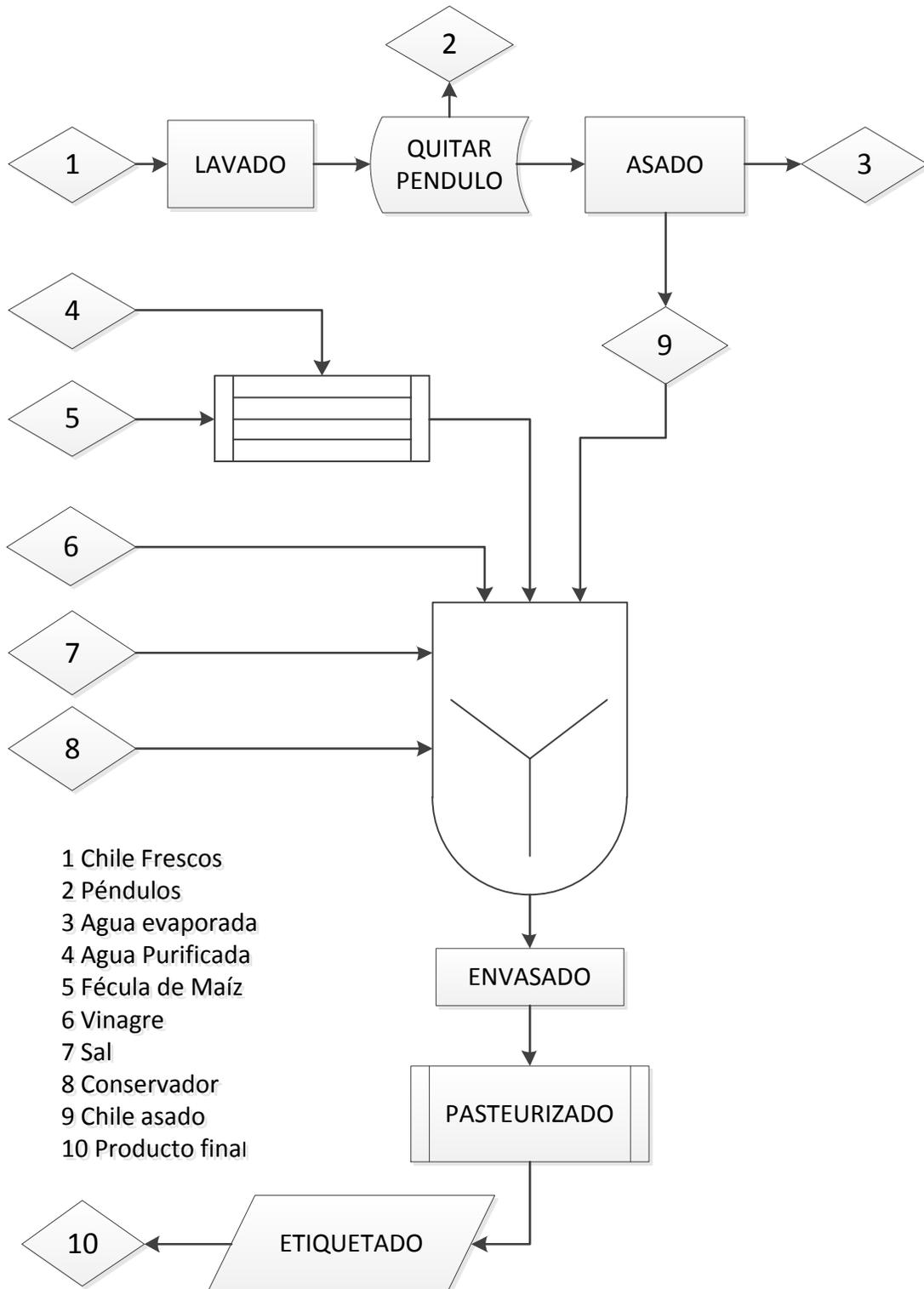
### **9.3. Elaboración de salsas de chile**

Se realizó la elaboración de las salsas con base a la norma establecida NMX-F-377-1986. ALIMENTOS REGIONALES. SALSA PICANTE ENVASADA, basada en la metodología propuesta por Elva Magali Altuzar Gómez 2011.

#### **Descripción del proceso para la elaboración de 100 mL de salsa Picante.**

- 1) Pesar 8.5 g de chile sin pedúnculo, lavarlos y desinfectarlos.
- 2) Tostar el chile a flama baja aproximadamente 1 minuto.
- 3) Poner a hervir 50 mL de agua limpia e incorporar 7.5 g de fécula de maíz, sin dejar de mover para evitar los grumos.
- 4) Vaciar en la licuadora industrial los chiles asados, la mezcla de fécula de maíz, 50 mL de ácido acético, 8 g de sal y 0.1 g de Benzoato de Sodio. Licuar por 5 minutos o el tiempo necesario.
- 5) Envasar en frascos de vidrio previamente esterilizados e invertir el frasco por 5 minutos.
- 6) Pasteurizar a 120 °C por 15 segundos y en seguida someter a un choque térmico a 0.2 °C.
- 7) Etiquetar considerando fecha de caducidad, contenido neto y fecha de elaboración.
- 8) Almacenar a temperatura ambiente en un lugar fresco y seco.

### 9.3.1. Diagrama de flujo



## Salsas Procesadas



Figura 11. Salsas de Chile *Capsicum annum L. Aviculare*



Figura 12. Salsas de Chile *Capsicum annum L. Magnoliopsida*

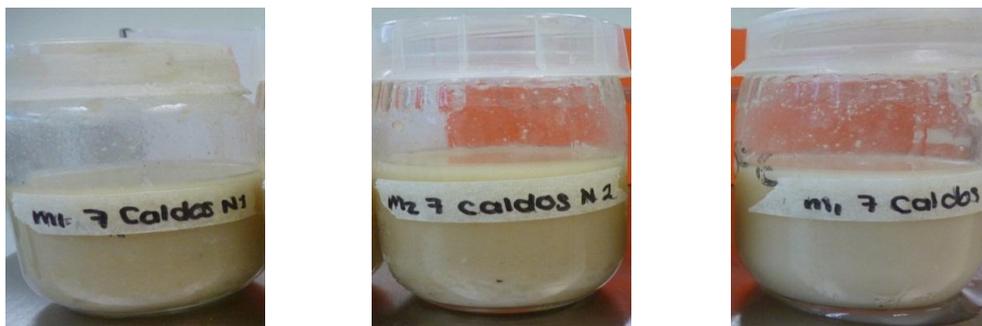


Figura 13. Salsas de Chile *Capsicum L. frutescens baccatum*



Figura 14. Salsas de Chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare*

## 9.4. Cuantificación de Capsaicina

### 9.4.1 Preparación de solución stock:

Se pesó 10 mg de capsaicina pura y se disolvió en 10 mL de etanol. La solución resultante posee una concentración de 1000 ppm.

Precaución: Usar guantes y cubre bocas. No se debe manipular ni inhalar la Capsaicina concentrada para que no entre en contacto con la piel. La Capsaicina es un irritante de la piel y de las mucosas.

### 9.4.2. Elaboración de la curva de calibración

Para realizar la curva de calibración de capsaicina, se utilizó un espectrofotómetro (Bio-Rad/ SmartSpec- Plus) como el que se muestra en la **figura 15**, partiendo de la solución stock con una concentración de 1 mg/mL (1000  $\mu\text{g/mL}$ ), realizando diluciones con etanol. La solución fue almacenada, protegida de la luz y refrigerada.

Se trabajó con una longitud de onda de 201 nm, la cual fue obtenida con un barrido mediante un espectrofotómetro con la solución de capsaicina, con una concentración de 1000 ppm como antes se mencionó.



**Figura 15.** Espectrofotómetro (Bio-Rad/ SmartSpect- Plus)

### 9.4.3. Preparación de Estándares:

A partir de la solución Stock se realizaron las diluciones pertinentes para obtener soluciones más diluidas, siendo las siguientes diluciones:

**Tabla 3.** Concentración de Soluciones

<b>Estándares</b>	<b>Solución Stock (µL)</b>	<b>Volumen Etanol (mL)</b>	<b>Concentración (ppm)</b>
<b>1</b>	1000	0	1000
<b>2</b>	900	100	900
<b>3</b>	800	200	800
<b>4</b>	700	300	700
<b>5</b>	600	400	600
<b>6</b>	500	500	500
<b>7</b>	400	600	400
<b>8</b>	300	700	300
<b>9</b>	200	800	200
<b>10</b>	100	900	100
<b>11</b>	50	950	50
<b>12</b>	10	990	10

### Linealidad

Es la capacidad del método analítico para obtener resultados directamente proporcionales a la concentración o cantidad del analito en un rango definido. La selección del rango y del número de puntos experimentales está estrictamente relacionada con la aplicación del método (Castillo, B., 1996).

Si hay una relación lineal, los resultados de la prueba se deben evaluar por métodos estadísticos apropiados, por ejemplo, el cálculo de regresión lineal por el método de los cuadrados mínimos.

Así, se determina la curva de regresión:

$$y = bx + a$$

Dónde:

**b:** es la pendiente e indica la sensibilidad del método (respuesta a cambios de concentración del analito).

**a:** es el intercepto y permite evaluar la proporcionalidad de la función analítica.

**R:** es el coeficiente de regresión lineal e indica el grado de relación entre las variables. Es recomendable valores  $\geq 0,99$ .

**R<sub>2</sub>:** es el coeficiente de determinación y mide la proximidad del ajuste de la ecuación de la regresión de la muestra a los valores observados de y.

#### **9.4.4. Cuantificación del contenido de capsaicina en los extractos de chiles.**

Para realizar la cuantificación del contenido de capsaicina en las extracciones de chiles, se tomaron alícuotas de 10  $\mu\text{L}$  de las salsas y se diluyó en 20 y 50 mL de etanol; se realizaron 3 repeticiones de cada genotipo; se leyeron las absorbancias en un Espectrofotómetro (Bio-Rad/ SmartSpec- Plus) según la metodología de Fernando López-Hernández. 2011.



**Figura 16.** Soluciones con diferentes concentraciones

#### **9.4.5. Cuantificación del contenido de capsaicina en las salsas de chiles procesadas.**

Para realizar la cuantificación del contenido de capsaicina en las salsas se tomaron alícuotas de 100  $\mu\text{L}$  de las salsas y se diluyó en 20 y 5 mL de etanol; se leyeron las absorbancias en un Espectrofotómetro Bio-Rad/ SmartSpec- Plus a una longitud de onda de 201 nm según la metodología de Fernando López-Martínez. 2011.

## 9.5. Análisis Bromatológico

### 9.5.1. Fisicoquímico.

#### Porcentaje de Humedad

Se realizaron análisis bromatológicos a los chiles estudiados en este trabajo, se determinó la cantidad de humedad en base húmeda y en base seca en los 4 genotipos frescos al momento de realizar el secado, por diferencia de pesos con una estufa de vacío a 60 C. con las siguientes formulas.

$$\% \text{ Humedad (B.H)} = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \times 100$$

$$\text{Humedad (B.S)} = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{final}}$$

#### Porcentaje de grasa cruda

Al realizar las Extracciones de oleorresinas en los chiles secos por medio del equipo soxhlet pudimos determinar la cantidad de grasa cruda compuesta de Capsaicinoides (Capsaicina), por diferencia de pesos. Con la siguiente formula:

$$\% \text{ de Grasa Cruda} = \frac{P_1 - P_2}{M} \times 100$$

**P1**= Masa en gramos del matraz con extracto

**P2**= Masa en gramos del matraz

**M**= Masa en gramos de la muestra

#### Determinación de pH

La determinación del pH se realizó a las salsas elaboradas con los 4 genotipos y sus 3 repeticiones con un potenciómetro (PHS-3B), se determinó un Ph promedio, esto para estandarizar parámetros de su elaboración cumpliendo así con las especificaciones de la Norma mexicana NMX-F- 377. Alimentos regionales para salsa picante envasada.

### 9.5.2. Evaluación sensorial

En una primera etapa se efectuó una preselección, basándonos en las Especificaciones sensoriales de la Norma mexicana NMX-F- 377. Alimentos regionales para salsa picante envasada, evaluación de los siguientes atributos organolépticos:

**Color:** Característico de la variedad de chile o mezcla de chiles empleados. Para los siguientes genotipos.

*Capsicum annuum L Magnoliopsida:* verde, *Capsicum annuum L. Aviculare:* rojo o naranja; *Capsicum chinense jacq. Aviculare:* naranja o verde; *Capsicum L.frutescens baccatum:* verde

**Olor:** Característico de la variedad de chiles o mezcla de chiles empleados. Así como la mezcla de ingredientes: vinagre y el olor que presenta cada genotipo.

**Sabor:** Picante dependiendo al grado de pungencia que presenta cada genotipo y al sabor característico de cada variedad de chiles, así como la mezcla de ingredientes que contiene la salsa (chile, vinagre, sal y fécula de maíz).

**Consistencia:** Fluida, semifluida y viscosa.

En base a lo anterior, se seleccionaron muestras de salsas de 4 diferentes genotipos, las cuales cumplían con las normas establecidas.

Se sometieron a una prueba de satisfacción, mediante pruebas de aceptación a 10 catadores no entrenados. Se les pidió a los 10 catadores que degustaran las muestras de salsa picante acompañadas de salchichas, pidiéndole así que anotaran su opinión respecto a cada muestra, el grado de aceptación y el porqué de su aceptación.

**Tabla 4.** Prueba de Aceptación

PRUEBA DE ACEPTACION			
FECHA: _____			
NOMBRE DEL CATADOR: _____			
INSSTRUCCIONES: Deguste la muestra de salsa picante y seleccione la que más prefiere y el porqué.			
Muestras	Poca	media	mucha
210	_____	_____	_____
220	_____	_____	_____
230	_____	_____	_____
240	_____	_____	_____
OBSERVACIONES: _____			
_____			

Nombre de las muestras:

**210:** Salsa *C. annuum* L. Aviculare

**220:** Salsa *C. annuum* L. *Magnoliopsida*

**230:** Salsa *C. L.frutescens* baccatum

**240:** Salsa *C. chinense* jacq. Aviculare

De la etapa anterior, se seleccionó la muestra preferida y se sometió a otra prueba discriminativa, con la finalidad de estudiar el grado de diferenciación entre dos productos similares. Los catadores degustaron la muestra de chiles que más prefirieron y la compararon con un producto similar elaborado de manera industrial, se les pidió que degustaran las muestras y anotaran si existe diferencia entre ellas, cual prefieren y porque.

**Tabla 5.** Prueba de preferencia

PRUEBA DE PREFERENCIA			
FECHA: _____			
NOMBRE DEL CATADOR: _____			
INSSTRUCCIONES: Deguste la muestra de salsa picante y seleccione la que más prefiere y el porqué.			
Muestras	Poca	media	mucha
230	_____	_____	_____
240	_____	_____	_____
OBSERVACIONES: _____			
_____			

Nombre de las muestras:

**230:** Salsa *C. L.frutescens* baccatum

**240:** Salsa *C. chinense* jacq. Aviculare

## 10. RESULTADOS

### 10.1. Curva de calibración

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la curva de calibración de Capsaicina.

#### Capsaicina

Determinación de los distintos parámetros para validar el método analítico utilizado en la cuantificación de capsaicina.

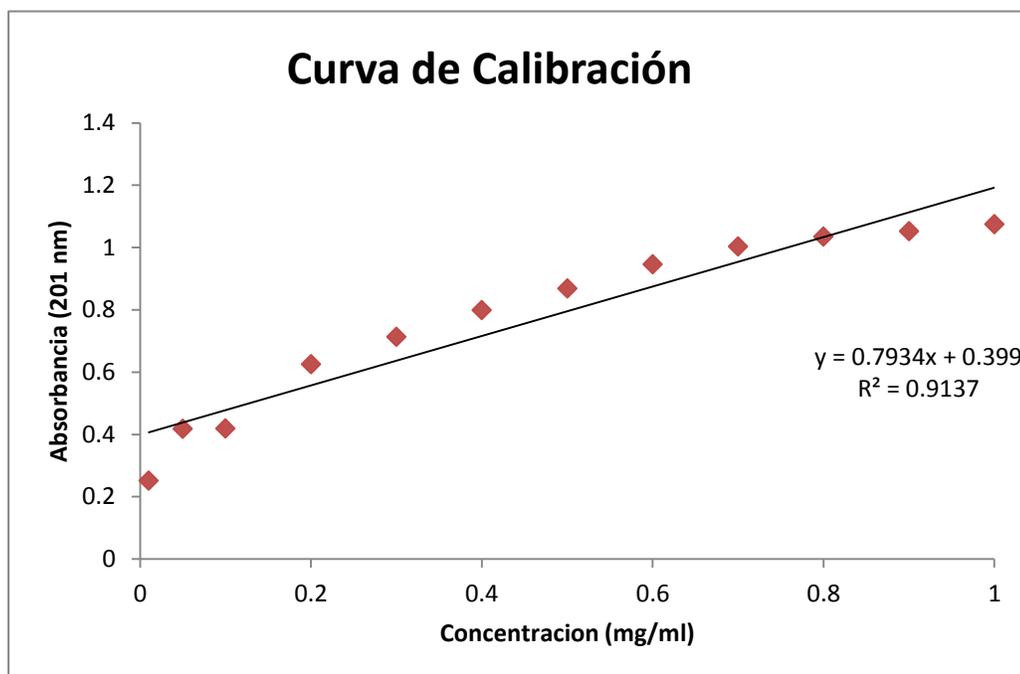


Figura 17. Curva de calibración de capsaicina

En la **Tabla 6** Se observan los resultados obtenidos en el estudio de la linealidad del método de mínimos cuadrados para la capsaicina.

**Tabla 6.** Resultados obtenidos del Espectrofotómetro a una Absorbancia de 201 nm.

<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia 1</b>	<b>Absorbancia 2</b>	<b>Promedio</b>
0.01	0.276	0.225	0.2505
0.05	0.409	0.426	0.4175
0.1	0.477	0.359	0.418
0.2	0.684	0.567	0.625
0.3	0.771	0.656	0.713
0.4	0.844	0.752	0.798
0.5	0.946	0.79	0.868
0.6	0.949	0.943	0.946
0.7	1.003	1.003	1.003
0.8	1.043	1.025	1.034
0.9	1.049	1.055	1.052
1	1.09	1.058	1.074

Se obtuvieron los siguientes valores de coeficiente de Correlación, coeficiente de determinación, intercepto y pendiente de la recta:  $r^2 = 0,9137$ ,  $a = 0,399$ ,  $b = 0,7934$ .

Se obtuvo una  $r^2 = 0,9137$ , ya que se utilizó etanol que no era de grado reactivo y por las condiciones del espectrofotómetro.

## 10.2. Cuantificación de capsaicina

### 10.2.1. En extractos

La siguiente tabla muestra las absorbancias promedio obtenidas de cada genotipo y las concentraciones calculadas..

**Tabla 7.** Concentración promedio de capsaicina

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum annuum</i> L. <i>Aviculare</i>	1	0.2728	0.615
	2	0.950	0.474
	3	0.1408	0.511

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum annuum</i> L. <i>Magnoliopsida</i>	1	0.0836	0.456
	2	0.0189	0.549
	3	0.0597	0.446

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum chinense</i> jacq. <i>Aviculare</i>	1	0.3270	0.658
	2	0.0282	0.421
	3	0.1795	0.541

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum L. frutescens</i> <i>baccatum</i>	1	0.2677	0.611
	2	0.3111	0.646
	3	0.5729	0.853

### 10.2.2. En las salsas

La siguiente tabla muestra las absorbancias promedio obtenidas de cada salsa y las concentraciones calculadas.

**Tabla 8.** Concentracion promedio de capsaicina en salsas

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum annuum</i> L. Aviculare	1	0.1509	0.519
	2	0.2644	0.609
	3	0.0471	0.436

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum</i> L.frutescens baccatum	1	0.2438	0.592
	2	0.3934	0.711
	3	0.1295	0.502

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum annuum</i> L. Magnoliopsida	1	0.1257	0.499
	2	0.0807	0.463
	3	0.2808	0.622

<b>Genotipo</b>	<b>Núm. de muestra</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Absorbancia</b>
<i>Capsicum chinense</i> jacq. Aviculare	1	0.0349	0.427
	2	0.4435	0.751
	3	0.3892	0.708

### 10.3. Comparación de la concentración de capsaicina

#### 10.3.1. Antes y después del proceso de elaboración de salsas.

Comparación de concentraciones que hay entre los extractos de frutos secos y en las salsas elaboradas con los mismos chiles por cada gramo de fruta.

**Tabla 9.** Comparación de concentraciones promedio *Capsicum annuum* L. Aviculare

<b><i>Capsicum annuum</i> L. Aviculare</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>
Genotipo	0.0185
Salsa	0.0181

Con esta tabla se puede observar una disminución de la concentración del 2.16 %, a esto se le puede deber que en el proceso de elaboración de las salsas se presenta una pérdida de capsaicina debida a la volatilidad que esta presenta, en el proceso y los factores que pueden incluir son las elevadas temperatura en el momento de azar los chiles.

**Tabla 10.** Comparación de concentraciones chile *Capsicum annuum* L. *Magnoliopsida*

<b><i>Capsicum annuum</i> L. <i>Magnoliopsida</i></b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>
Genotipo	0.0122
Salsa	0.0191

En esta tabla podemos observar que no existe perdida de capsaicina en la elaboración de la salsa muy al contrario hay aumento, la perdida que se presenta es en la extracción de capsaicina del 63.87 %.

<b><i>Capsicum</i> L. <i>frutescens</i> <i>baccatum</i></b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>
Genotipo	0.0459
Salsa	0.0300

**Tabla 11.** Comparación de concentraciones *Capsicum* L. *frutescens* *baccatum*

En la tabla anterior se presenta una disminución de la concentración de capsaicina en el proceso de elaboración de salsas, podemos ver que se presenta una pérdida de capsaicina de 34.64 %.

**Tabla 12.** Comparación de concentraciones *Capsicum chinense jacq. Aviculare*.

<b><i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i></b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>
Genotipo	0.0241
Salsa	0.0340

En las salsas de *Capsicum chinense jacq. Aviculare* se puede observar que existe una disminución de capsaicina en las extracciones de capsaicina del 29.11 %, pero no en el proceso de elaboración de las salsas.

### **10.3.2. Comparación de la concentración de capsaicina entre los 4 genotipos analizados**

En este estudio se pudo analizar la concentración de capsaicina presente en 4 genotipos chiles de la región selva, por lo cual nos pudimos dar cuenta que existe una variabilidad en el contenido de capsaicina que presenta cada especie, a esto se le atribuye la temporada de cosecha, el clima, las condiciones de cultivo y las características que presenta cada especie, entre otros factores que se pueden presentar.

Con esto pudimos clasificar el contenido de capsaicina que presentan los genotipos estudiamos; entonces podemos decir que el genotipo que presenta mayor contenido de capsaicina es el *Capsicum L.frutescens baccatum*, después el *Capsicum chinense jacq. Aviculare*, posteriormente el *Capsicum annum L. Aviculare* y por ultimo por presentar el contenido de capsaicina más bajo esta el *Capsicum annum L Magnoliopsida*.

### **10.3.3. Comparación de la concentración de capsaicina con otros Estudios realizados en diferentes temporadas**

En un estudio realizado por German- Peralta en los meses de octubre-marzo, podemos observar la variabilidad de las concentraciones de la especie *Capsicum Annuum var. Aviculare* (chile Tonich) en diferentes regiones de Guatemala con una concentración promedio de 0.1086 (mg/ml); con esto podemos hacer una comparación entre la especie analizada en este trabajo, y ver que presenta un menor contenido de capsaicina en comparación de la reportada; esta notable diferencia se le puede atribuir a las diferentes condiciones que presenta cada región como son el clima, la humedad, los nutrientes del suelo, los fertilizantes usados y también podría tomarse en cuenta la temporada en que fue cuantificada la capsaicina, aunque sería recomendable un estudio más amplio para cada temporada del año, y realizarlo en la misma región.

De acuerdo con un estudio reportado por Esmeralda Cázares-Sánchez en los meses Noviembre-Diciembre en el estado de Yucatán, se realizó la cuantificación de la especie *Capsicum annuum var. Chinense* (Chile Habanero), con una concentración reportada de 0.234 (mg/ml), una elevada concentración a diferencia con las concentraciones reportadas en este estudio, cabe destacar que una de la razones por tal diferencia es que Yucatán es un estado con alto índice de producción de chile Habanero por lo tanto las condiciones del suelo son muy aptas para que el fruto logre un mejor estado de madurez, y por consiguiente una mayor concentración de capsaicina.

## 10.4. Análisis Bromatológicos

### 10.4.1. Físicoquímicos

#### 10.4.1.1. Porcentaje de Humedad

Tabla 13. *Capsicum annum L Magnoliopsida*

<i>Capsicum annum L Magnoliopsida</i>		
muestra	% humedad (B.H)	humedad (B.S) $(\frac{g H_2O}{g masa S.})$
1	82.28	4.645
2	77.69	3.483
3	76.40	3.237

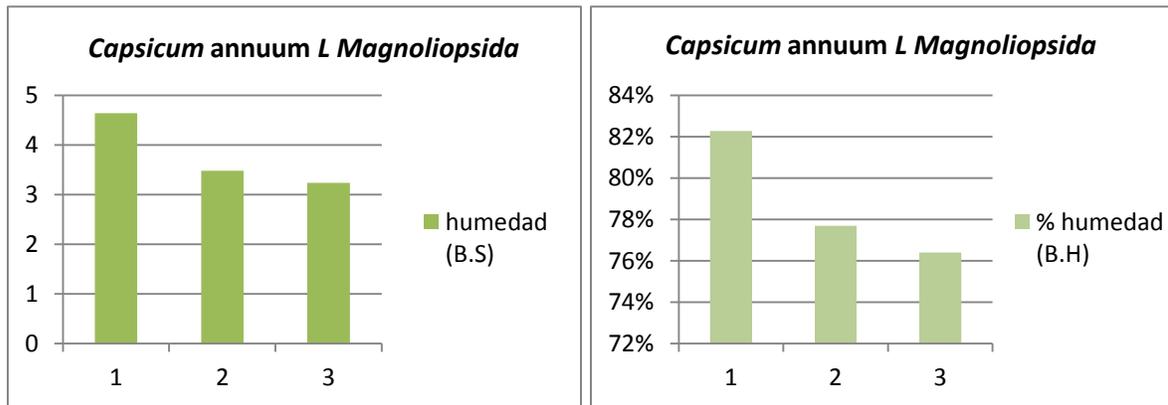
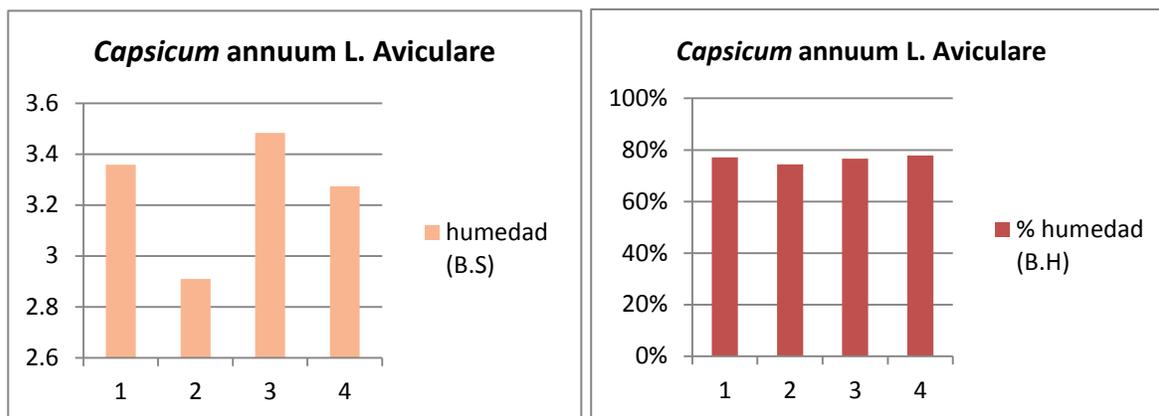


Figura 18. % de Humedad de *Capsicum annum L Magnoliopsida*

Con estas graficas podemos darnos cuenta del contenido de humedad que presentan la variedad de chiles *Capsicum annum L Magnoliopsida*, el porcentaje promedio en B.H es del 79 %, y el promedio que presenta en B.S es de 3.78.

Tabla 14. *Capsicum annum L. Aviculare*.

<i>Capsicum annum L. Aviculare</i>		
Muestra	% humedad (B.H)	humedad (B.S) $(\frac{g H_2O}{g masa S.})$
1	77.05	3.358
2	74.42	2.910
3	76.66	3.483
4	77.90	3.273

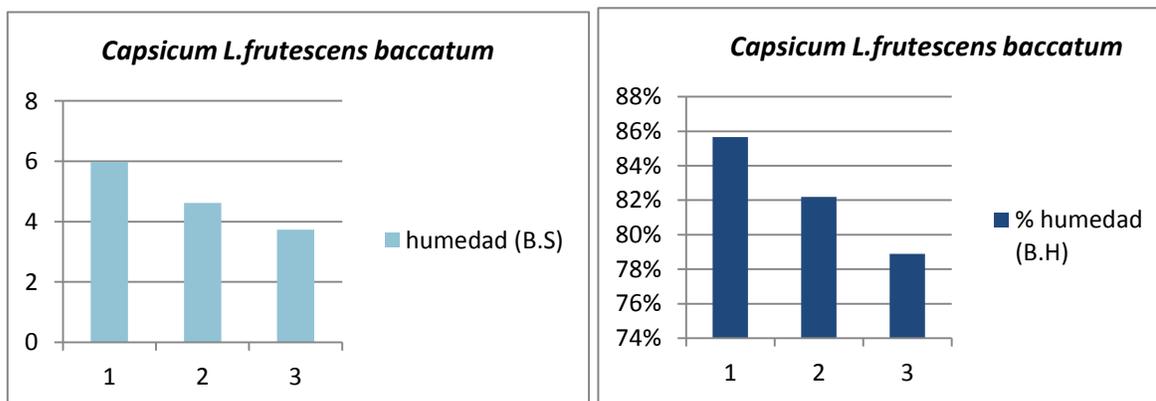


**Figura 19.** % de Humedad de *Capsicum annum L. Aviculare*

Con estos resultados podemos observar el contenido de humedad que contiene el chile *Capsicum annum L. Aviculare* en cada muestra; por lo tanto podemos decir que el chile *Capsicum annum L. Aviculare* presenta un porcentaje promedio de humedad en B.H de aproximadamente del 75% y en B.S un promedio de 3.25

**Tabla 15.** *Capsicum L.frutescens baccatum*

<i>Capsicum L.frutescens baccatum</i>		
muestra	% humedad (B.H)	humedad (B.S) $\left(\frac{g H_2O}{g masa S.}\right)$
1	85.67	5.981
2	82.20	4.620
3	78.89	3.738

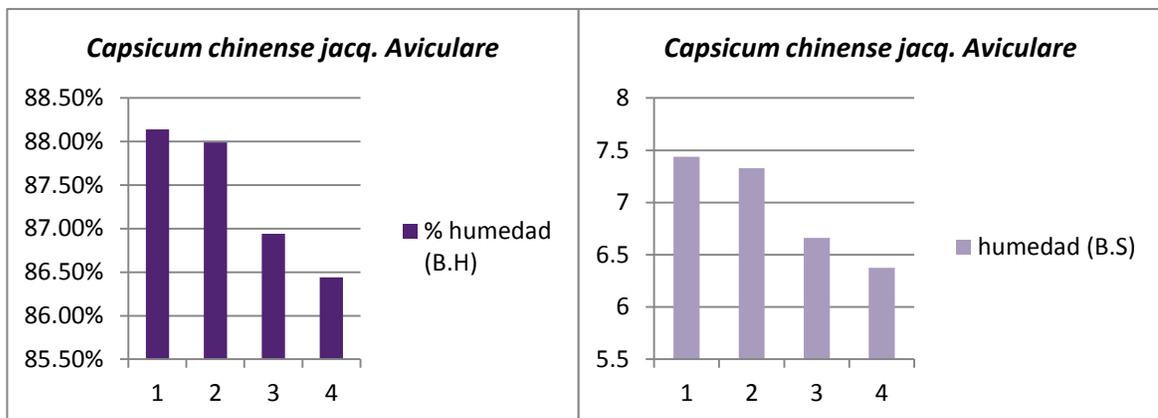


**Figura 20.** % de Humedad del chile *Capsicum L.frutescens baccatum*

Con los resultados de estas graficas podemos darnos cuenta del contenido de humedad que presentan la variedad de chiles *Capsicum L.frutescens baccatum*, podemos ver que el porcentaje promedio en B.H es del 82 %, y el promedio que presenta en B.S es de 4.77%.

**Tabla 16.** *Capsicum chinense jacq. Aviculare*

<i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>		
muestra	% humedad (B.H)	humedad (B.S) $(\frac{g H_2O}{g masa S.})$
1	88.14	7.438
2	87.99	7.329
3	86.94	6.661
4	86.44	6.375



**Figura 21.** % de Humedad del chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare*

Con los resultados podemos observar el contenido de humedad que presentan la variedad de chiles *Capsicum chinense jacq. Aviculare*, el porcentaje promedio en B.H es del 87 %, y el promedio que presenta en B.S es de 6.95.

Podemos darnos cuenta que el genotipo que presenta mayor contenido de humedad es el chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare*, posteriormente el chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare*, después el chile *Capsicum annuum L Magnoliopsida*, y el genotipo que presenta menor humedad es el chile *Capsicum annuum L. Aviculare*.

### 10.4.1.2. Porcentaje de Grasa Cruda

Tabla 17. Porcentaje de grasa Cruda.

Genotipo	Núm. De muestra	Peso de la muestra	% de grasa cruda
<i>Capsicum annuum L. Aviculare</i>	1	9.2646 g	8.51
	2	9.0029 g	8.14
	3	9.0039 g	8.86

Genotipo	Núm. De muestra	Peso de la muestra	% de grasa cruda
<i>Capsicum annuum L Magnoliopsida</i>	1	9.0624 g	10.40
	2	9.0264 g	10.81
	3	9.0002 g	10.53

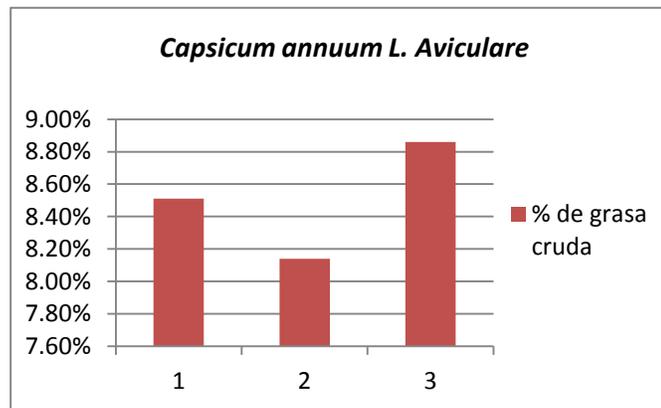


Figura 22. % de Grasa Cruda Chile *Capsicum annuum L. Aviculare*

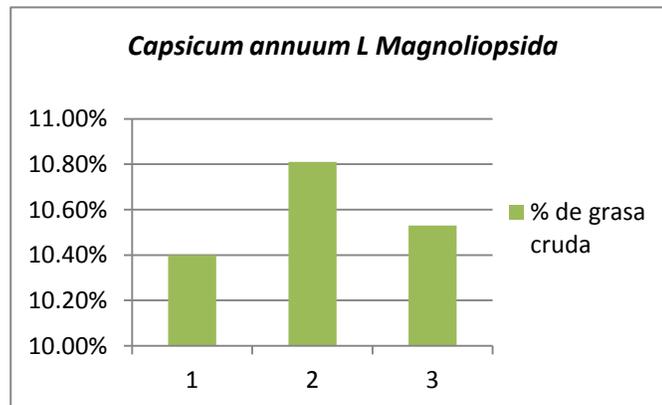
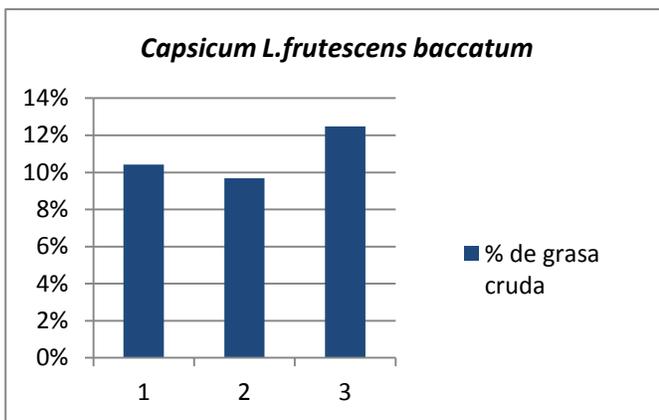


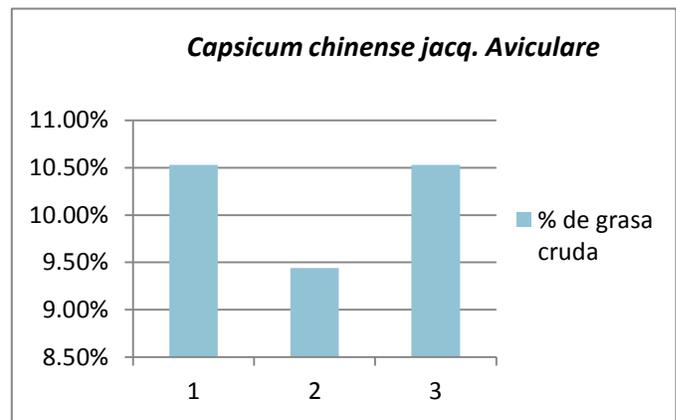
Figura 23. % de Grasa Cruda Chile *Capsicum annuum L Magnoliopsida*

Genotipo	Núm. De muestra	Peso de la muestra	% de grasa cruda
<i>Capsicum L.frutescens baccatum</i>	1	9.0366 g	10.42
	2	9.0520 g	9.68
	3	7.7504 g	12.48

Genotipo	Núm. De muestra	Peso de la muestra	% de grasa cruda
<i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>	1	9.0023 g	10.53
	2	9.0821 g	9.44
	3	9.0091 g	10.53



**Figura 24.** % de Grasa Cruda Chile *Capsicum L.frutescens baccatum*



**Figura 25.** % de Grasa Cruda Chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare*

Podemos observar el contenido de grasa cruda de cada genotipo y así hacer una comparación en relación de los 4 genotipos estudiados, el genotipo que presento mayor grasa cruda en la extracción es el chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare*, seguido por el chile *Capsicum annuum L Magnoliopsida*, después el chile *Capsicum chinense jacq. Aviculare* y por último el chile *Capsicum annuum L. Aviculare*.

### 10.4.1.3. Determinación de pH

Tabla 18. pH de las salsas

muestras	salsa <i>Capsicum</i> annuum L. Aviculare	salsa <i>Capsicum</i> L.frutescens baccatum	Salsa <i>Capsicum</i> chinense jacq. Aviculare	salsa <i>Capsicum</i> annuum L <i>Magnoliopsida</i>
1	3.23	3.02	3.03	3.13
2	3.03	2.99	3.14	3.1
3	3.15	3	2.94	3.09
<b>promedio</b>	3.13	3.33	3.03	3.10

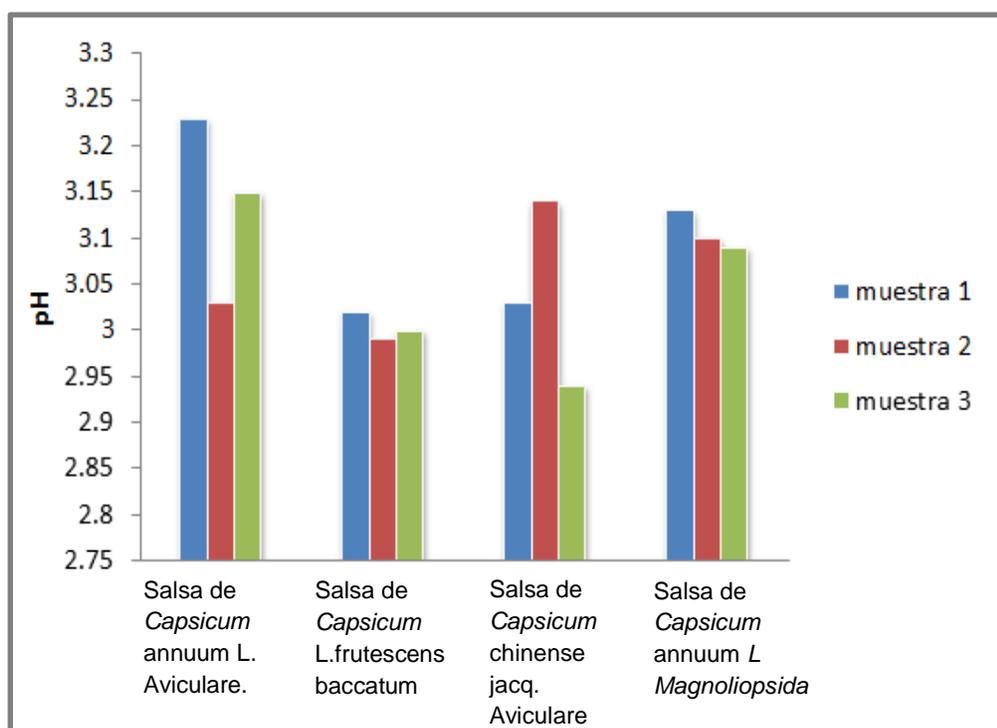


Figura 26. pH de las salsas

Los resultados de los análisis fisicoquímicos arrojaron que la estandarización del proceso de elaboración de salsas picantes es factible para su industrialización, se obtuvo un pH mínimo de 2.93 y un máximo de 3.23, cumpliendo con ello las especificaciones de la norma mexicana NMX-F-377-1986 para salsas picantes.

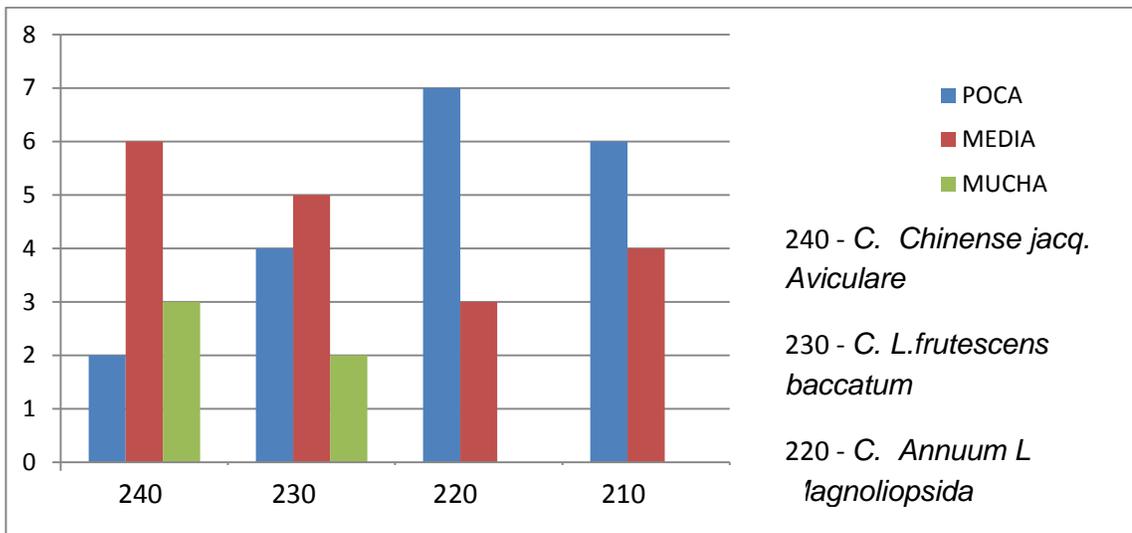
### 10.4.2. Sensorial

De acuerdo al análisis sensorial realizado se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 19.** Evaluación sensorial

<b>Genotipo</b>	<b>muestras</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>consistencia</b>
<i>Capsicum annuum L. Aviculare</i>	1	Rojo	Chile <i>Capsicum annuum L. Aviculare</i> y vinagre	Picoso a Chile <i>Capsicum annuum L. Aviculare</i>	Espesa
	2	Naranja	Chile <i>Capsicum annuum L. Aviculare</i> y vinagre	Picoso a Chile <i>Capsicum annuum L. Aviculare</i>	Espesa
	3	Naranja	Chile <i>Capsicum annuum L. Aviculare</i> y vinagre	Picoso a Chile <i>Capsicum annuum L. Aviculare</i>	Espesa
<i>Capsicum L. frutescens baccatum</i>	1	Verde pálido	Chile <i>Capsicum L. frutescens baccatum</i> y vinagre	Picoso a Chile <i>Capsicum L. frutescens baccatum</i>	Espesa
	2	Verde pálido	Chile <i>Capsicum L. frutescens baccatum</i> y vinagre	Picoso a Chile <i>Capsicum L. frutescens baccatum</i>	Espesa
	3	Verde pálido	Chile <i>Capsicum L. frutescens baccatum</i> y vinagre	Picoso a Chile <i>Capsicum L. frutescens baccatum</i>	Espesa

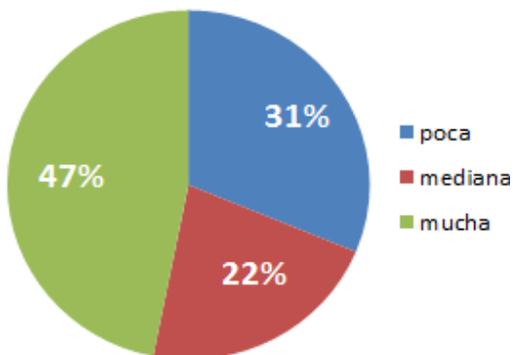
<i>Capsicum annuum L Magnoliopsi da</i>	1	Verde	Chile <i>Capsicum annuum L Magnoliopsida y vinagre</i>	Picoso a Chile <i>Capsicum annuum L Magnoliopsida</i>	Espesa
	2	Verde	Chile <i>Capsicum annuum L Magnoliopsida y vinagre</i>	Picoso a Chile <i>Capsicum annuum L Magnoliopsida</i>	Espesa
	3	Verde	Chile <i>Capsicum annuum L Magnoliopsida y vinagre</i>	Picoso a Chile <i>Capsicum annuum L Magnoliopsida</i>	Espesa
<i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>	1	Naranja	Chile <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare y vinagre</i>	Picoso a Chile <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>	Espesa
	2	Naranja	Chile <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare y vinagre</i>	Picoso a Chile <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>	Espesa
	3	Naranja	Chile <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare y vinagre</i>	Picoso a Chile <i>Capsicum chinense jacq. Aviculare</i>	Espesa



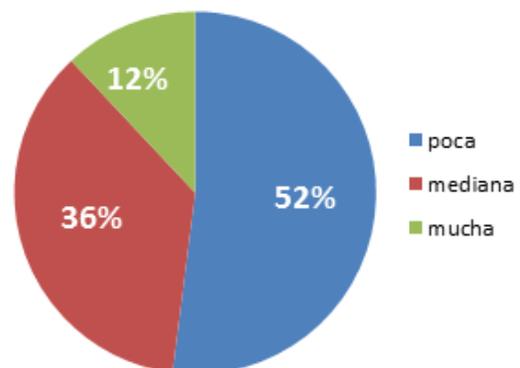
**Figura 27.** Grafica de resultados de aceptación

Con la prueba realizada de aceptación pudimos darnos cuenta que las muestras 240 que corresponde a las salsa de *Capsicum chinense jacq. Aviculare* (chile habanero) presento mayor aceptación en cuanto a su grado de picor y sabor en comparación a las otras muestras, seguida por las muestras 230 que corresponden a las salsas de *Capsicum L.frutescens baccatum* (chile 7 caldos) que también presento una importante aceptación en cuanto su grado de picor.

Selección de las 2 salsas más aceptadas por los catadores



**Figura 28.** Grafica de *Capsicum L.frutescens baccatum* (salsa 7 caldos)



**Figura 29.** Grafica de *Capsicum chinense jacq. Aviculare* (salsa habanero)

En la **figura 28** se puede observar que la salsa de *Capsicum chinense jacq. Aviculare* (chile Habanero) tiene una aceptación del 47 % comparada con la salsa comercial esto se debe por el grado de pungencia y el sabor agradable que presenta en comparación de esta, pero también podemos ver que tiene un 31% de poca aceptación y un 22 % de mediana aceptación esta variación se debe al grado de pungencia que agrada a los catadores.

En la **figura 29** podemos ver que en comparación con la salsa comercial esta salsa *Capsicum L.frutescens baccatum* (Chile 7 Caldos) presenta muy poca aceptación debido al sabor que tiene ya que su sabor no es muy agradable característico a una salsa y presenta dificultad al definir el grado de pungencia.

## 11. CONCLUSIONES

Se encontró una diferencia de concentración de capsaicina antes y después del proceso de elaboración, esto se le puede atribuir a factores en el proceso de elaboración de las salsas tanto como que la capsaicina es volátil a ciertas temperaturas e influye también la variabilidad de los frutos; pero también a las condiciones de cultivo como temperatura, periodo de exposición de luz y fertilización, de igual forma se atribuye a los factores tales como variación de la especie, madurez del fruto y origen geográfico de la muestra.

El genotipo que presenta mayor contenido de capsaicina en base a la cuantificación de los frutos secos es el *Capsicum L.frutescens baccatum* (chile 7 caldos) y el que presenta menor contenido de capsaicina es el *Capsicum annum L Magnoliopsida* (chile Tonich). El genotipo que presenta mayor contenido de capsaicina en las salsas es el *Capsicum chinense jacq. Aviculare* (chile Habanero); Esta diferencia se puede deber a que en el secado el chile habanero pierde mayor humedad y por lo tanto parte de la capsaicina tiende a volatilizarse.

De acuerdo a la prueba sensorial que se aplicó, las salsas de *Capsicum chinense jacq. Aviculare* (chile habanero) y de *Capsicum L.frutescens baccatum* (chile 7 Caldos) presentaron mayor grado de picor, pero la salsa de *Capsicum chinense jacq. Aviculare* (chile habanero) tuvo mayor aceptación por su sabor.

## 12. RECOMENDACION

Se recomienda seguir estudiando la variabilidad del contenido de capsaicina en genotipos de la región Selva de Chiapas en otras estaciones del año, para ver si existe alguna diferencia en concentraciones.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Pedro Grande Villanueva, Eleazar M. Escamilla Silva, 1993. Extracción de Capsaicina de Chiles Frescos (*Capsicum Chinense*) con solventes Orgánicos. Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto Tecnológico de Celaya, Departamento de Ingeniería Química.
- López Martínez L.; López de Alba P. L; González Leal M. 1999. Nuevo Método Espectrofotométrico de Determinación de Capsaicinoides en Salsas y Chules. Novena Jornada de Análisis del CONACYT.
- Esmeralda Cázares-Sánchez, Porfirio Ramírez-Vallejo, Fernando Castillo-González, R. Marcos Soto-Hernández, M. Teresa Rodríguez-González y J. Luis Chávez-Servia. 2005. CAPSAICINOIDES Y PREFERENCIA DE USO EN DIFERENTES MORFOTIPOS DE CHILE (*Capsicum annum* L.) DEL CENTRO-ORIENTE DE YUCATÁN.
- German Manuel Peralta Calito. 2007. Determinación del Nivel de Pungencia en Unidades Scoville para *Capsicum annum* var. *Aviculare* procedente de Regiones Productoras de Guatemala". Universidad de San Carlos de Guatemala. FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA.
- H. Ramírez; O. Méndez-Paredes; A. Benavides-Mendoza; C. Amado-Ramírez. 2007. INFLUENCIA DE PROHEXADIONA-CA Y PROMOTORES DE OXIDACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO, CAPSAICINA Y VITAMINA C EN CHILE JALAPEÑO.
- Alvarado Suárez Luis Ángel, Araceli Peña Álvarez. 2008. Determinación de capsaicina y de hidrocapsaicina en chiles por diferentes métodos de extracción (Ultrasonido, Soxhlet). Depto. de Química Analítica, Facultad de química UNAM.
- SANATOMBI K., G. J. SHARMA. 2008. Capsaicin Content and Pungency of Different *Capsicum* spp. Cultivars. Department of Life Sciences, Manipur University.

- Tapia Picazo, J. C. / Escamilla Silva, E. / Bonilla Petriciolet, A. 2008. Aislamiento de Capsaicinoides directamente del fruto de capsicum (versión electrónica): Departamento de ingeniería química del Instituto tecnológico de Aguascalientes.
- Dr. Carlos Ernesto Lobato-García, Q. Abraham Gómez-Rivera, Dra. Nancy Romero-Ceronio. 2011. Extracción y cuantificación espectrofotométrica de capsaicina a partir de chile habanero. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Fernando Enrique López-Hernández, Dr. Carlos Ernesto Lobato-García, 2011. Extracción y cuantificación espectrofotométrica de capsaicina a partir de chile Habanero.
- T.S.U. Elva Magali Altuzar Gómez. 2011. Estandarización y Evaluación Sensorial de Salsas de Chile a partir de genotipos de la Región Selva de Chiapas. Universidad Tecnológica de la Selva.
- NMX-F-377-1986. ALIMENTOS REGIONALES. SALSA PICANTE ENVASADA. FOODS REGIONAL CANNED SPICY SAUCE. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. PREFACIO.
- NMX-F-389-1982. ALIMENTOS. ESPECIAS Y CONDIMENTOS. DETERMINACIÓN DE CAPSAICINA EN CAPSICUMS. FOODS. SPICES AND CONDIMENTS DETERMINATION OF CAPSAICIN IN CAPSICUMS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.