



# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE  
RECURSOS NATURALES**

**“Germinación, crecimiento y desarrollo de dos chiles nativos  
(*Capsicum annuum* L.) de Oaxaca bajo invernadero”**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**(PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN VEGETAL)**

PRESENTA:

**JAIR SAN JUAN MARTÍNEZ**

**DIRECTORES DE TESIS**

**DRA. YOLANDA DONAJI ORTIZ HERNANDEZ**

**DR. TEODULFO AQUINO BOLAÑOS**

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Abril de 2018.



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca Siendo las 13:00 horas del día 9 del mes de abril del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR UNIDAD OAXACA para examinar la tesis titulada:

**Germinación, crecimiento y desarrollo de dos chiles nativos (*capsicum annum* L.) de Oaxaca en invernadero.**

Presentada por el alumno:

San Juan Martínez  
Apellido paterno Apellido materno  
Nombre(s) Jair

Con registro: 

A	1	6	0	2	3	0
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dra. Yolanda Donaji Ortiz Hernández

Dr. Teodulfo Aquino Bolaños

Dra. Juana Yolanda López Cruz

M. en C. Laura Martínez Martínez

Dr. Baldomero H. Zárate Nicolás

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de México, D.F. el día 11 del mes de abril del año 2018, el (la) que suscribe SAN JUAN MARTÍNEZ JAIR alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES, con número de registro A160230, adscrito(a) al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca**, manifiesto(a) que es el (la) autor(a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del (de la, de los) **Drs. Yolanda Donají Ortiz Hernández y Teodulfo Aquino Bolaños** y cede los derechos del trabajo titulado **“Germinación, crecimiento y desarrollo de dos chiles nativos (*Capsicum annum L.*) de Oaxaca en invernadero”** al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del (de la) autor(a) y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones [posgradoax@hotmail.com](mailto:posgradoax@hotmail.com) ó [jair.sj123@hotmail.com](mailto:jair.sj123@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**SAN JUAN MARTÍNEZ JAIR**  
Nombre y firma del alumno(a)



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

*Agradecimientos:*

*A Dios por permitirme culminar con éxito una etapa más en mi formación académica.*

*Al Instituto Politécnico Nacional por haberme recibido en su centro unidad Oaxaca y permitirme hacer usos de todos los beneficios que como su alumno obtuve durante los dos años que fui alumno.*

*Al CONAHCyT por haberme proporcionado los recursos económicos para realizar mis estudios.*

*A la Dra. Yolanda Donaji por haberme guiado durante mi formación académica y proporcionarme los recursos necesarios, también por abrirme las puertas de distintos centros de investigación.*

*Al Dr. Teodolfo Aquino, la M en C Laura Martínez, la Dra. Juana Yolanda y el Dr. Baldemero por ser mi comité tutorial.*

*Al Dr. Serafín del Colegio de Posgraduados campus Montecillos por brindarme la posibilidad de realizar una estancia de investigación con él, la cual fue parte fundamental para mi investigación.*

*Al Dr. German profesor de UPIBI, por recibirme en su centro y enseñarme parte de sus conocimientos.*

*A la M en C Verónica por brindarme su apoyo y su amistad en mi estancia en el C.I.P.D.I.R.*

*A todas las personas que de algún modo me ayudaron en esta etapa y que mi memoria no puede recordados.*

*A todos ustedes muchas gracias!!!*

*Dedicatoria:*

*A mi Madre Trinidad Martínez a ti por siempre estar conmigo, por guiarme día a día y por hacer de mí una mejor persona.*

*A mis hermanos Erwin y Marlo San Juan por ser parte fundamental en mi vida y sobre todo por ser mi ejemplo a seguir, por siempre brindarme su apoyo y su cariño.*

*A mis sobrinos Mariana y Alejandro para que algún día ustedes lleguen más lejos de lo que hoy en día he podido llegar.*

*A todos ustedes les dedico un logro más por ser lo más importante y valioso que tengo en la vida.*

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II.OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo específicos .....	3
III.HIPÓTESIS.....	3
IV.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
4.1 Crecimiento y desarrollo .....	4
4.2 Chile huacle .....	4
4.3 Chile de agua.....	5
4.4 Flor .....	5
4.5 Polinización.....	6
4.6 Semillas .....	7
4.6.1 Estructura de la semilla.....	7
4.6.2 Obtención de semillas de chile huacle y chile de agua .....	8
4.8 Germinación .....	9
4.9 Fruto .....	9
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
5.1 Colecta de material vegetal.....	12
5.2 Obtención de semillas.....	13
5.3 Colocación de almácigo y trasplante.....	14
5.4 Cultivo en invernadero .....	15
5.5 Diseño experimental .....	16
5.6 Variables evaluadas en campo .....	16
5.6.1 Altura de planta y grosor de tallo .....	16
5.6.2 Número de botones, flores y frutos. ....	17
5.7 Variables evaluadas en laboratorio .....	18
5.7.1 Características físicas de frutos. ....	18
5.7.2 Tamaño y peso de semillas. ....	18
5.7.3 Germinación .....	19

5.8 Método estadístico .....	20
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
6.1 Altura de planta y grosor de tallo.....	21
6.2 Floración .....	24
6.3 Fruto .....	28
6.4 Tamaño y peso de semillas .....	33
6.5 Germinación .....	35
VII CONCLUSIONES .....	39
VIII BIBLIOGRAFÍA.....	40

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Concentración de los elementos de la solución nutritiva Steiner en miliequivalentes (meq.).....	16
Cuadro 2 Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de chile huacle y chile de agua. ....	30
Cuadro 3 Características físicas y química de frutos de chile huacle y chile de agua. ....	32
Cuadro 4 Dimensiones de semillas de chile huacle y chile de agua.....	34
Cuadro 5 Número de plántulas normales y anormales de semillas germinadas de chile de agua y chile huacle.....	36



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de las semillas dicotiledóneas.....	8
Figura 2 Estructura del fruto de chile.....	10
Figura 3 Localización de las zonas de colecta de frutos de chile huacle y chile de agua. ....	12
Figura 4 a) base de chile huacle b)largo de chile huacle.....	13
Figura 5 Extracción de semillas de chile de agua.....	14
Figura 6 Trasplante de plántulas de chile.....	15
Figura 7 Distribución de macetas dentro del invernadero.....	16
Figura 8 Medición de altura de planta. ....	17
Figura 9 Medición de grosor de tallo. ....	17
Figura 10 Uso de ImageJ para obtención de tamaño de semillas. ....	19
Figura 11 Altura y grosor de tallo de chile huacle y chile de agua. ....	21
Figura 12 Correlación entre altura de planta y grosor de tallo de chile huacle y chile de agua. ....	24
Figura 13 Número de botones y flores abiertas en chile huacle y chile de agua. ....	25
Figura 14 Abscisión de botones y flores en chile huacle. ....	25
Figura 15 Desarrollo de botones de chile huacle y chile de agua.....	26
Figura 16 a) Flor de chile huacle b) Flor de chile de agua.....	27
Figura 17 Desarrollo de frutos de chile huacle y chile de agua.....	29
Figura 18 Frutos maduros a) chile huacle b) chile de agua. ....	29
Figura 19 Peso de 1000 semillas de chile huacle y chile de agua. ....	35
Figura 20 Germinación a 14 días en condiciones de laboratorio de semillas de chile huacle y chile de agua.....	36
Figura 21 Plántulas de chile de agua. ....	38
Figura 22 Plántulas de chile huacle.....	38

## RESUMEN.

El chile huacle y chile de agua (*Capsicum annuum* L.) son endémicos del estado de Oaxaca, se cultivan de manera tradicional con escasos insumos y/o tecnología a cielo abierto. En este estudio se evaluó el crecimiento, desarrollo y germinación de dos materiales nativos de *Capsicum annuum* L. bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 25 repeticiones por cada tratamiento, la unidad experimental fue una planta por maceta. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, grosor de tallo, número de botones, flores y frutos. En frutos se midió el largo, ancho, grosor de pericarpio, peso fresco y seco, número y peso de semillas y germinación. En el chile huacle los parámetros morfométricos: altura de planta, grosor de tallo, número de botones y flores, peso seco y ancho de frutos y peso de mil semillas fueron estadísticamente mayores ( $P \leq 0.05$ ) al chile de agua, en 45, 37, 76, 80, 37.5, 12.6 y 29.0 % respectivamente. Sin embargo, el chile de agua presentó una precocidad del 50% en la apertura de los botones, maduración de frutos y días a cosecha con respecto al chile huacle. En cuanto a los sólidos solubles totales el chile huacle fueron de 14 °Bx mientras que en el chile de agua fue de 9.4 °Bx. Respecto a la germinación fue significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) en chile huacle (39%) que en chile de agua.

Palabras claves: Chile de agua, Chile huacle, Floración, Germinación, Hidroponía

## ABSTRACT

The huacle chili and the water chili (*Capsicum annuum* L.) are endemic to the state of Oaxaca, they are traditionally cultivated outdoor with few raw materials and / or technology. In this study were evaluate the growth, development and germination of two native materials of *Capsicum annuum* L. under greenhouse conditions and hydroponics. A completely randomized experimental design was use, with 25 repetitions for each treatment; the experimental unit was one plant per pot. The variables evaluated were plant height, stem thickness, number of buttons, flowers and fruits. For the fruits the length, width, pericarp, thickness, fresh and dry weight, number and weight of seeds and germination were measure. In the huacle chili the morphometric parameters: plant height, stem thickness, number of buds and flowers, dry weight and width of fruits, and weight of a thousand seeds were statistically higher ( $P \leq 0.05$ ) to water chili in 45, 37, 76, 80, 37.5, 12.6 and 29.0% respectively. However, the water chili showed a precocity of 50% in the opening of the buttons, ripening of fruits and days to harvest with respect to huacle chili. The total soluble solids of huacle chili was 14°Bx while in the water chili it was 9.4 °Bx. Regarding germination, it was significantly higher ( $P \leq 0.05$ ) in huacle chili (39%) that water chili.

Key words: Water chili, Huacle chili, Flowering, Germination, Hidroponics.

## I. INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* con aproximadamente 35 especies posee una amplia variación genética y diversidad fenotípica (Carrizo García, 2011). Aproximadamente el 89% del total de las zonas cultivadas con pimientos en el mundo se encuentran en la India, China, Corea, Tailandia, Vietnam, Sri Lanka e Indonesia. La segunda región más importante en el cultivo de pimientos comprende los Estados Unidos y México, con alrededor del 7% del total plantado (Ramalho do Rêgo, Monteiro do Rêgo y Finger, 2016).

La mayoría de los chiles mexicanos pertenecen a la especie *Capsicum annuum*, su consumo es principalmente en fresco como el jalapeño, serrano o pimiento dulce, o secos como el pasilla o mirasol (Lira, Casas y Blancas, 2016); México produce alrededor de 2.3 millones de toneladas de chiles frescos y 38800 toneladas de chiles secos (Bosland y Votava, 2012).

En Oaxaca; México existe una gran diversidad de chiles nativos, entre ellos el chile de agua (*Capsicum annuum* L.), cultivo de alta demanda y de gran importancia económica, lo cual hace atractivo al cultivo para manejarlo bajo sistemas de producción intensiva (Valentín *et al.*, 2013). Se cultivan aproximadamente 250 ha con una producción de 1600 a 2000 t (López-López, 2012).

Por otro lado, el chile huacle es otro chile nativo que destaca por su importancia culinaria, reconocido a nivel internacional, al citarse en libros de gastronomía local o nacional, como el ingrediente principal del “mole negro oaxaqueño”. El chile huacle es endémico de la región de la Cañada Oaxaqueña (Aguilar Rincón *et al.*, 2010). Su manejo general de cultivo es con riego rodado en extensiones

de 0.5-1.0 hectáreas con pendientes de hasta 3% (López y Pérez, 2015); sin embargo, a pesar de que su precio en el mercado fluctúa de los 300 a 700 pesos por kilogramo de chile seco, este cultivo tiende a desaparecer debido a problemas en su cultivo y a la migración de sus pobladores, en el 2013 se registraron sólo 2 ha con una producción de 1.0 a 1.5 t/ha de chile seco (Cota-Guzmán, 2013).

Por otra parte, la agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. Entre otras ventajas, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrentan con éxito plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en menor espacio, y con un mejor precio en los mercados. Generando evidentemente un mejor ingreso para los productores (Moreno Résendez *et al.*, 2011).

Sánchez *et al.* (1999) mencionan que el uso de invernaderos e hidroponía, pueden incrementar la productividad y la calidad de las hortalizas; no obstante, el conocimiento de las diferentes etapas fenológicas y crecimiento de un cultivo, permite un diseño adecuado de calendarios para la aplicación de fertilizantes de acuerdo con las necesidades específicas del cultivo (Valentín *et al.*, 2013). El crecimiento de las plantas, la floración y fructificación en los diversos cultivos son fases interrelacionadas cuyo comportamiento alcanza a tener un impacto en el rendimiento de frutos (Ramírez *et al.*, 2014).

Debido a lo anterior, en este estudio se evaluó el crecimiento, desarrollo y germinación de dos materiales nativos de *Capsicum annuum* L. bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

## **II OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Comparar el desarrollo y las características de frutos y semillas de dos chiles nativos de Oaxaca producidos bajo invernadero.

### **2.2 Objetivo específicos**

1. Evaluar las características morfométricas de la planta y frutos de chile huacle y chile de agua cultivados bajo condiciones de invernadero y en hidroponía.
2. Evaluar en condiciones de laboratorio la germinación de semillas obtenidas de frutos de chile huacle y chile de agua cultivados bajo invernadero.

## **III HIPOTESIS**

Ho: Hay diferencia en el crecimiento y desarrollo de los chiles cultivados bajo invernadero.

Ha: No hay diferencia en el crecimiento y desarrollo de los chiles cultivados bajo invernadero.

Ho: Hay diferencia en la germinación de las semillas de ambos chiles.

Ha: No hay diferencia en la germinación de las semillas de ambos chiles.

## IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Crecimiento y desarrollo

El criterio fundamental del crecimiento hace referencia a un aumento en el volumen, peso y número de células (Salisbury y Ross, 1994).

Por otra parte, el desarrollo implica cambios graduales o abruptos. Ciertos eventos importantes en el desarrollo son: germinación, floración y fructificación (Bidwell, 1993).

De acuerdo a Salisbury y Ross (1994), el desarrollo es debido a la división, crecimiento y diferenciación celular.

Pascual *et al.* (2008) menciona cuatro etapas para el cultivo de *Capsicum*: 1) aparición de yemas florales, 2) floración, 3) amarre de frutos y 4) maduración de frutos. La temperatura, luz, humedad y condiciones apropiadas del suelo integradas a los factores genéticos y fisiológicos, son determinantes para un desarrollo óptimo de la planta y producción (Ramírez *et al.*, 2010).

El estudio de variabilidad de las características agro-morfológicas es importante para la mejora varietal y programa de mejoramiento de plantas (Orobiyi *et al.*, 2017).

### 4.2 Chile huacle

El ciclo del chile huacle presenta un ciclo de cultivo de 185 a 195 días distribuidos de la siguiente manera: 35 a 45 días de almácigo, 90 días de crecimiento y desarrollo, y 60 días de cosecha a campo abierto (López y Pérez, 2015).

Se han registrado un rendimiento promedio de una tonelada por hectárea de chile deshidratado (Aguilar Rincón *et al.*, 2010).

El chile huacle representa un potencial de negocio en el estado de Oaxaca; en una primera instancia podría generarse un valor económico equivalente a más de 125 millones de pesos anuales en 50 ha. de cultivo y proporcionar empleo equivalente a más de 10 mil jornales (López- López *et al.*, 2016).

### **4.3 Chile de agua**

El cultivo del chile de agua es económicamente importante en los Valles Centrales de Oaxaca, debido a su consumo generalizado en esta región (Carrillo *et al.*, 2009), se consume principalmente en fresco y con él se elaboran deliciosos platillos típicos de la gastronomía regional de Oaxaca, como son los chiles asados y los chiles rellenos (Aguilar Rincón *et al.*, 2010), sin embargo, también se utilizan de forma medicinal, en rituales, como amuleto y ornamental (Montaño *et al.*, 2014).

El chile de agua, como otros productos locales, carecen de suficiente demanda en el mercado nacional, es necesario destacar los diversos usos del chile de agua, su importancia social y cultural (Montaño *et al.*, 2014).

### **4.4 Flor**

El inicio de la emisión de la flor y el desarrollo de órganos florales en diferentes especies de plantas dentro de ellas el género *Capsicum* están regulados por las giberelinas, (Sandoval *et al.*, 2017).

López (2007) describió las flores de chile de agua de la siguiente forma: Flores axilares, solitarias, completas y perfectas. El peciolo mide 3 cm de largo, cáliz gamocépalo, formado por siete sépalos, corola fusionada hacia la base, con cinco pétalos blancos; el ápice está formado de lóbulos acutados y redondeados, epipétalos, hipogineos y de seis estambres con filamentos cortos. Las anteras



son dehiscentes, longitudinales y basificadas. El gineceo es supero y el estilo corto. Sus estigmas son capitados y de placentación axilar.

De la misma forma López *et al.* (2016) describieron la flor del chile huacle de la siguiente forma: Flores de posición intermedia, con anteras de color morado y filamento blanco; el estigma es de tipo exserto, la corola es de color blanco y seis pétalos blancos.

El tiempo de floración es un rasgo agronómico crucial para la adaptación de cultivos a áreas de cultivo y temporadas de crecimiento específicas; las principales ventajas de controlar la floración son ampliar las áreas de cultivo, ajustar el tiempo de cosecha con el clima local y establecer cultivos dobles y triples, lo que podría proporcionar rendimientos más altos en los lugares de cultivo (Zhang y Wing, 2013).

#### **4.5 Polinización**

La polinización se refiere al proceso de transferencia de polen desde los órganos masculino (estambres) al órgano femenino (estigma) de la flor, haciendo posible la producción de frutos y semillas. Según el tipo de polinización que tengan las plantas, existen especies autógamas, las cuales presentan auto polinización o alógamas que poseen polinización cruzada (Izquierdo y Granados, 2000).

Aunque generalmente se considera como autógamas a las plantas del género *Capsicum* (Russo, 2012), las frecuencias de cruzamiento registradas por varios investigadores (2-90%) indican que se debe considerar como un cultivo de polinización cruzada (Bosland y Votava, 2012).

## **4.6 Semillas**

Las semillas quizás es la parte más importante en la producción del género *Capsicum*, porque las semillas sanas y normales en el fruto incrementan el rendimiento (Bosland y Votava, 2012).

La formación de semillas comienza con la fusión de un gameto masculino y femenino, un proceso conocido como fertilización. La fertilización en las angiospermas típicamente ocurre por auto o fertilización cruzada (Copeland y McDonald, 2001).

Dentro del fruto, las semillas se unen a la placenta en filas estrechas, principalmente cerca del extremo del cáliz de fruto. Las semillas de pimiento se describen como planas y con forma de disco, con una profunda depresión de la calaza (Bosland y Votava, 2012). A medida que se desarrolla la semilla, su calidad se ve afectada por el estado nutricional de la planta madre, madurez de la fruta, su almacenamiento y maduración (Russo, 2012). Por otro lado, la incorporación de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en la solución nutritiva favorece el desarrollo de frutos y semillas, por lo que el suministro de este ion es más efectivo en la etapa de maduración (Favela *et al.*, 2006).

### **4.6.1 Estructura de la semilla**

De acuerdo a Agrawal y Rakwal (2012) las partes de la semilla son:

1. El esporofito individual recién formado (embrión).
2. El compartimento de nutrientes (endospermo y/o uno o dos cotiledones).
3. La estructura protectora (cubierta seminal o testa).

En la semilla, el embrión está rodeados por un endospermo bien definido que constituye la mayor parte de las reservas de alimentos para el embrión y las

plántulas jóvenes (Figura 1). El endospermo está directamente enfrente de la radícula y es siete a nueve células de espesor. Semillas de *Capsicum annuum* tienen principalmente proteínas y lípidos como reservas de almacenamiento (Bosland y Votava, 2012).

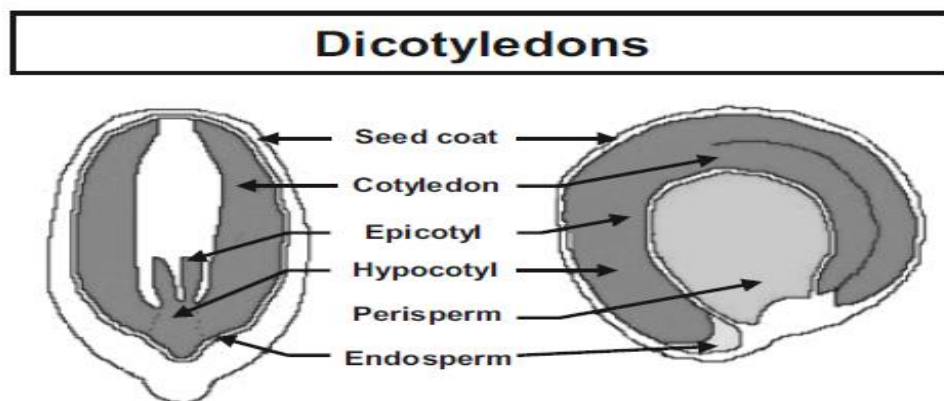


Figura 1 Estructura de las semillas dicotiledóneas (Agrawal y Rakwal, 2012).

#### 4.6.2 Obtención de semillas de chile huacle y chile de agua

La semilla que se emplea en la producción de chile huacle procede de frutos cosechados en el ciclo inmediato anterior y la selección de los mismos se realiza posterior al proceso de deshidratación, para ello se eligen los mejores frutos en cuanto a forma, tamaño y color; sin embargo, en ningún caso se efectúa alguna estrategia para incrementar la pureza varietal del chile huacle. La extracción de la semilla para el establecimiento de los almácigos se efectúa en forma manual 10 días antes de la siembra y no se practica ningún tratamiento para la siembra (López *et al.*, 2016).

En los Valles Centrales de Oaxaca el procedimiento para obtener la semilla de chile de agua es de forma artesanal, pocos productores dejan en su parcela un área exclusiva para producción de semilla (Carrillo *et al.*, 2009).

#### **4.8 Germinación**

La germinación es un componente principal del establecimiento y supervivencia de las plántulas y se considera la fase más crítica del ciclo de vida de la planta (Barchenger y Bosland, 2016). Una semilla se considera germinada cuando la radícula penetra a través de los tejidos de la cubierta (Mengel *et al.*, 2001).

De acuerdo a Monroy *et al.* (2017) para que lo anterior ocurra se requiere de:

1. Imbibición o absorción de agua por la semilla.
2. Activación del metabolismo y proceso de respiración, síntesis de proteínas y movilización de sustancias de reserva del embrión.
3. Elongación del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa la salida de la radícula.

Al germinar se tiene que dirigir y movilizar una gran cantidad de material de reserva, como proteínas, grasas y almidón u otros carbohidratos para nutrir a la plántula en crecimiento; esto quiere decir que las enzimas digestivas deben activarse o sintetizarse inmediatamente después de empezar la germinación (Bidwell, 1993).

#### **4.9 Fruto**

Después de la polinización empieza el desarrollo del fruto y de la semilla, el primer estadio en el desarrollo es una rápida división celular sin mucho alargamiento. Varios tejidos de la planta progenitora, tales como: el ovario, el receptáculo floral, pueden tomar parte en la formación del fruto (Bidwell, 1993).

La forma del fruto se basa en la división celular, que tiene lugar en la etapa de pre-antesis, su tamaño está determinado por el alargamiento durante la antesis y post-antesis. El tiempo desde la antesis hasta el fruto completamente

desarrollado varía considerablemente entre los diferentes tipos de frutos. La madurez depende del cultivar y de las condiciones ambientales durante la maduración (Bosland y Votava, 2012).

Las especies del genero *Capsicum* presentan una impresionante variabilidad morfológica de la fruta, que puede caracterizarse por diferentes formas, colores, tamaños y niveles de acritud (Baba *et al.*, 2016). Sin embargo, todas estas constituidas las siguientes partes: pedúnculo, cáliz, semillas, placenta, pericarpio, lóculos (Agrawal y Rakwal, 2012) (Figura 2).

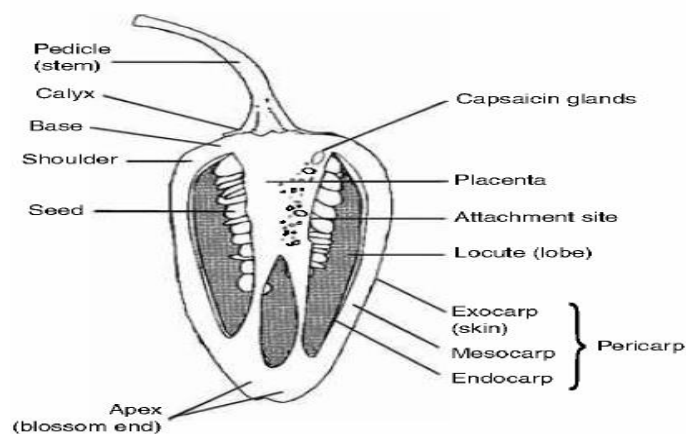


Figura 2 Estructura del fruto de chile (Agrawal y Rakwal, 2012).

El desarrollo de la fruta del genero *Capsicum* depende del correcto desarrollo de la flor, una polinización exitosa, un buen cuajado y de una adecuada fertilización; lo que lleva a un crecimiento adecuado de la fruta y su maduración (Kaur *et al.*, 2017).

La principal diferencia entre los colores amarillo y rojo de las frutas fisiológicamente maduras es: que los frutos amarillos contienen luteína y violaxantina como los principales carotenoides, junto con las xantofilas, mientras

que la luteína está completamente ausente de los frutos rojos. El color rojo en *Capsicum* se deriva tanto de capsantina como de capsorubina (Bosland y Votava, 2012).

López (2007) describe al fruto de chile de agua como una baya de forma cónica alargada, el mismo autor describe al fruto de chile huacle como una baya de forma trapezoidal, textura lisa en la superficie, ápice agudo color verde e intensidad media antes de la madurez y de color café oscuro e intensidad media y brillantez fuerte en su madurez, aunque también existen frutos de color rojo y de color amarillo. En los tres casos, los frutos presentan una forma angular predominante en la sección transversal, con tres o cuatro lóculos.

Bosland y Votava (2012) describen al fruto de chile huacle como: frutos delgados que varían en apariencia desde el de un pimiento diminuto a frutos que son de hombros anchos, pero estrechos hasta un punto, con una coloración verde en frutos inmaduros y amarillo, rojo o incluso negro en frutos maduros, de ahí los nombres chihuacle amarillo, chihuacle rojo, y chihuacle negro.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Colecta de material vegetal

La obtención de los frutos de chile huacle se realizó el día 20 de enero de 2017 con productores de San Juan Bautista Cuicatlán, se ubica aproximadamente a 104 Kilómetros al norte de la capital del estado de Oaxaca (Figura 3), entre los 17°48' de latitud norte y 96°57' de longitud oeste a una altitud de 620 msnm. La temperatura promedio en el municipio varía entre los 16°C y 30°C, alcanzando temperaturas en verano hasta 36°C. El promedio anual de precipitación pluvial es de 500 milímetros (mm), presentándose las lluvias durante los meses de junio a septiembre.

La colecta de frutos de chile de agua se realizó el 23 de enero de 2017 con productores de Ocotlán de Morelos, región de los Valles Centrales de Oaxaca (Figura 3), ubicado en las coordenadas 96°40' de longitud oeste y 16°48' de latitud norte, a una altura de 1500 msnm. Su clima es templado con lluvias moderadas durante el verano y principios de otoño.

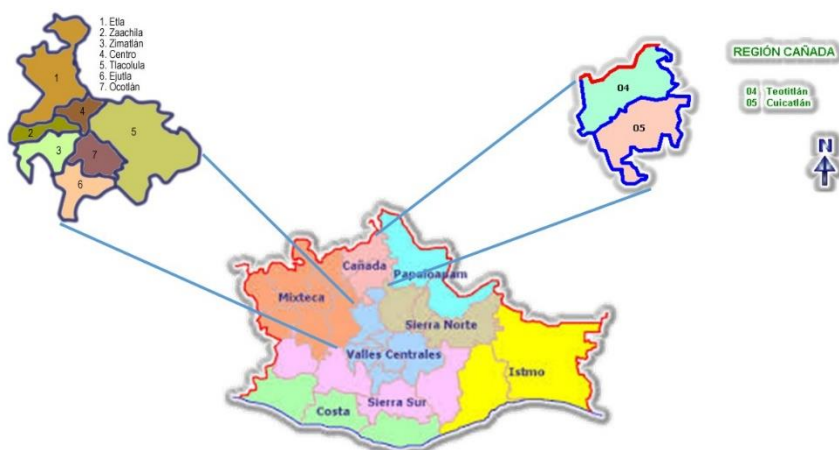


Figura 3 Localización de las zonas de colecta de frutos de chile huacle y chile de agua.

## 5.2 Obtención de semillas

La selección de los frutos para la obtención de semillas de chile huacle se realizó siguiendo la metodología propuesta por López (2016), eligiendo los frutos con forma cónica con una base de alrededor de 5 cm de diámetro y un largo en promedio de 6 cm (Figura 4) y color café oscuro en un 90 % o más en el fruto.

Una vez cosechados, se dejaron secar a la intemperie con temperaturas que oscilaron entre los 26 y 12 °C durante 8 días, posteriormente se realizó la extracción de las semillas de cada uno de los frutos realizando un corte longitudinal al fruto dejando expuesto las semillas, las cuales fueron retiradas manualmente y colectadas en cajas Petri de 10 cm de diámetro.

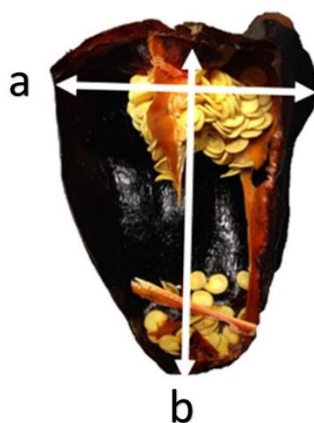


Figura 4 a) base de chile huacle b) largo de chile huacle.

Para el chile de agua se seleccionaron frutos que presentaban madurez filológica mostrando un cambio de color verde a rojo (Reveles Hernández *et al.*, 2013).

Una vez cosechados, la extracción de las semillas se realizó con un corte en la parte basal del fruto desprendiendo el pedúnculo del fruto (Figura 5), parte donde se encuentran adheridas las semillas, las cuales fueron separadas manualmente y recolectadas en cajas Petri de 10 cm de diámetro.





Figura 5 Extracción de semillas de chile de agua.

Para ambos cultivos las semillas recolectadas fueron colocadas en frascos de plásticos con capacidad de 200 ml y sellados herméticamente, colocados en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del CIIDIR- Oaxaca en Santa Cruz Xoxocotlán.

### **5.3 Colocación de almácigo y trasplante**

Para la colocación del almácigo se seleccionaron semillas con un diámetro igual o mayor a 4mm y de color amarillo intenso, sin daño físico. Las semillas fueron sembradas el 19 de febrero de 2017 en charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato peat- moss más agrolita en una proporción 70-30 y fueron colocadas en una cámara de germinación con temperatura de  $22 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y 24 h de luz.

El almácigo se regó con agua hasta que las semillas mostraron la presencia de las primeras hojas verdaderas. Posteriormente las plántulas fueron regadas con la solución Steiner al 25 % hasta su trasplante.

El primero de abril de 2017 las plantas alcanzaron una altura promedio de 12 cm con 3 a 5 hojas verdaderas desarrolladas, éstas fueron trasplantadas en contenedores de 20 L usando como sustrato perlita (Figura 6).



Figura 6 Trasplante de plántulas de chile.

#### **5.4 Cultivo en invernadero**

El cultivo se llevó a cabo bajo invernadero tipo túnel ubicado en Santa Cruz Xoxocotlán a 17° 01' 31.45" LN, 96° 43' 12.07" LO y a 1526 msnm con cubierta de polietileno plástica y malla sombra al interior al 30 %.

Se sembró una planta por maceta las cuales fueron colocadas a doble Hilera con 40 cm de separación entre ellas, dejando un metro de pasillo (Figura 7).



Figura 7 Distribución de macetas dentro del invernadero.

El requerimiento nutrimental fue cubierto mediante la aportación de la solución nutritiva propuesta por Steiner (Cuadro 1). Su distribución fue mediante un sistema de riego localizado utilizando manguera Hydrogol® con goteros autocompensados con capacidad de 8 L/h y salida a cuatro macetas.

Cuadro 1. Concentración de los elementos de la solución nutritiva Steiner en miliequivalentes (meq.)

Solución nutritiva	$K^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$NO_3^-$	$H_3PO_4^-$	$SO_4^{2-}$
Steiner	7	4.5	2	12	1	3.5

K=potasio, Ca=calcio, Mg=magnesio,  $NO_3^-$ =nitratos,  $H_3PO_4^-$ =ácido fosfórico,  $SO_4^{2-}$ = sulfatos

## 5.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con 25 repeticiones por tratamiento.

La unidad experimental fue una planta por maceta.

## 5.6 Variables evaluadas en campo

### 5.6.1 Altura de planta y grosor de tallo

Posterior al trasplante se registraron cada 15 días las siguientes variables morfométricas: altura de planta, diámetro de tallo, número de botones, flores y frutos.

La altura de la planta se midió con un flexómetro marca Truper® de 5 m (Figura 8).



Figura 8 Medición de altura de planta.

El grosor de tallo se midió con un vernier marca MITUTOYO modelo 500-196-30, a 5 cm de altura a partir del sustrato (Figura 9).



Figura 9 Medición de grosor de tallo.

### **5.6.2 Número de botones, flores y frutos**

Se contó el número de botones, flores y frutos por planta, y se midió diariamente el diámetro del botón hasta la apertura floral con un vernier digital marca MITUTOYO modelo 500-196-30. Asimismo, se registró diariamente el crecimiento (largo y ancho) del fruto desde su amarre hasta su cosecha.

## **5.7 Variables evaluadas en laboratorio**

### **5.7.1 Características físicas de frutos**

En frutos maduros se obtuvo el: peso fresco, peso seco, largo y ancho, grosor de pericarpio, ° Brix, y número de semillas.

El peso fresco y seco de los frutos fue obtenido con una balanza analítica Ohaus analítica Plus AP310. El peso fresco se pesó inmediatamente después de la cosecha. El peso seco se obtuvo posterior al secado de los frutos a 70 °C durante 72 h en una estufa Cole Parmer Modelo 05015\_58.

El largo se midió de la base del fruto a la punta, el ancho en los extremos de los hombros del fruto y grosor de pericarpio en la parte media de los frutos para ambos chiles, éstos parámetros fueron medidos con un vernier digital marca MITUTOYO modelo 500-196-30.

Los sólidos solubles totales se midieron del jugo extraído del fruto con un refractómetro marca ATAGO escala 0 a 30 °Brix.

El conteo de las semillas se realizó de manera manual, posteriormente fueron colocadas en cajas Petri de 10 cm de diámetro para su secado a temperatura ambiente, de acuerdo a la metodología propuesta por Reveles *et al.* (2013).

### **5.7.2 Tamaño y peso de semillas**

Para obtener el tamaño de las semillas se siguió la metodología propuesta por Martínez Quezada (2016). En este estudio se digitalizaron 400 semillas junto con una regla milimétrica utilizando un escáner Lexmar modelo 7600, las imágenes resultantes fueron analizadas con el software ImageJ v.1.48 (Figura 10).

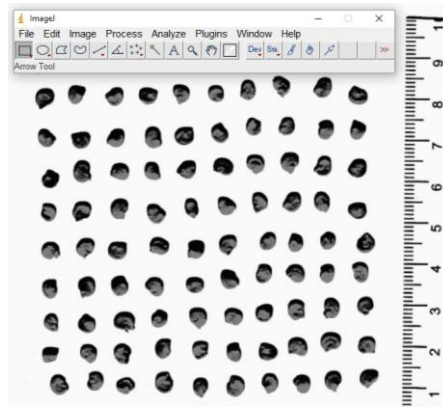


Figura 10 Uso de ImageJ para obtención de tamaño de semillas.

Para la determinación del peso de 1000 semillas se siguió la metodología propuesta por la ISTA (2012). La cual consiste en tener ocho repeticiones al azar de 100 semillas de cada especie de chile, las cuáles se pesaron y se obtuvo la varianza, desviación estándar y coeficiente de variación mediante las siguientes fórmulas:

$$varianza = \frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

Donde:

X= Peso de cada repetición en gramos

N= Número de replicas

$\sum$ = Sumatoria

$$\text{Desviación estándar (s)} = \sqrt{varianza}$$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{s}{\bar{x}}$$

$\bar{x}$ = media de 100 semillas

Si el coeficiente de variación es menor de 4.0 se promedia el peso de las ocho repeticiones y se multiplica por diez para obtener el peso de las 1000 semillas de acuerdo con la normatividad de la ISTA.

### 5.7.3 Germinación

Se emplearon cuatro repeticiones de 25 semillas desinfectadas previamente con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 7 %, enjuagadas con agua destilada y secadas al ambiente. Una vez secas se procedió a la siembra sobre

toallas de papel absorbente “Sanitas®” húmedas en cajas Petri de 10 cm de diámetro. Se realizó el conteo a los 7 y 14 días como lo marca la norma ISTA (2012).

### **5.8 Método estadístico**

Las variables peso fresco y seco, largo, ancho, grosor de pericarpio, °Brix, número de semillas por fruto, peso de mil semillas, largo y ancho de semillas y porcentaje de germinación fueron sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los porcentajes de germinación antes de ser sometidos a dicha prueba fueron transformados por la función arcoseno. También se realizó la prueba de correlación Pearson para determinar el grado de asociación entre los parámetros del fruto en el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2012).

## VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Altura de planta y grosor de tallo

Los cultivos tardaron 90 y 120 días en alcanzar su altura máxima para chile de agua y chile huacle respectivamente, durante los primeros 30 días después del trasplante (ddt) las plantas de chile de agua mostraron una altura promedio de 32 cm, de los 30 a 60 ddt las plantas obtuvieron un crecimiento de 30 cm alcanzando una altura promedio de 62 cm de altura (Figura 11). La altura fue menor en 46 cm a la altura promedio reportada por Martínez *et al.* (2010) quienes evaluaron diferentes colectas de chile de agua; sin embargo, la altura es similar a los 60 y 67.8 cm reportados por López (2007) y Castellón *et al.* (2014) respectivamente. Esta variación probablemente es debida al retraso del crecimiento por la variabilidad existente entre las poblaciones de chile de agua, las condiciones climáticas, la presencia de plagas y enfermedades (Velasco *et al.*, 1998).

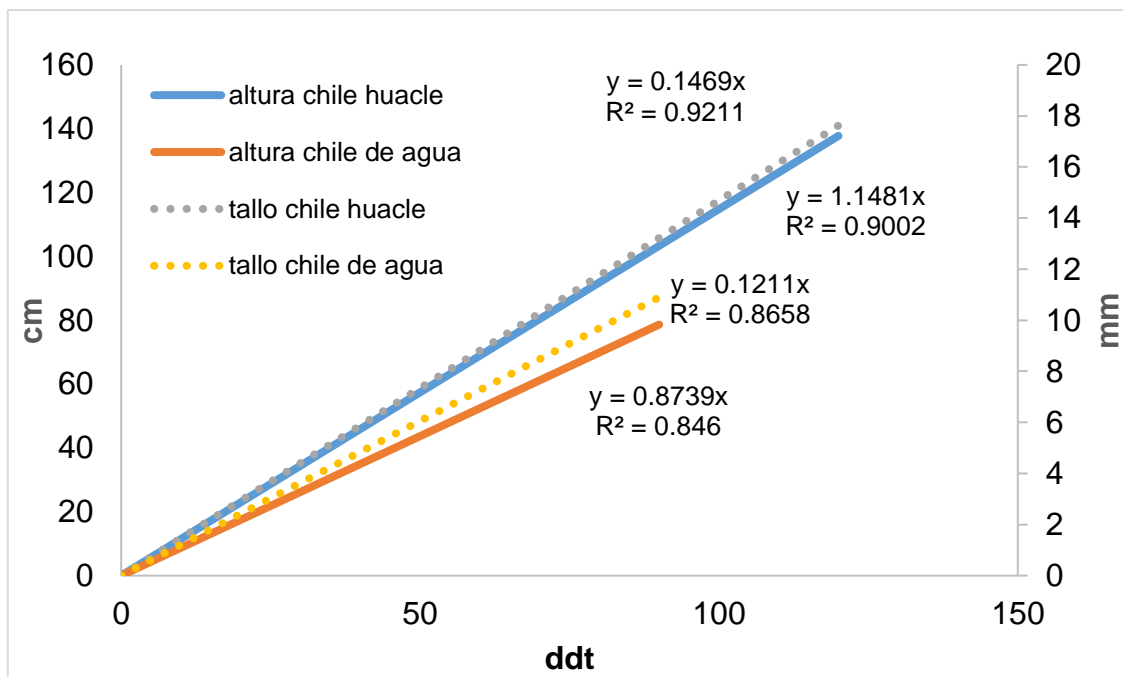


Figura 11 Altura y grosor de tallo de chile huacle y chile de agua.



El cultivo de chile huacle tuvo una altura máxima de 114 cm (Figura 11), dicha altura la obtuvo a los 90 ddt y presentó un crecimiento similar al chile de agua durante los primeros 30 ddt, de los 30 a los 60 ddt mostró un aumento de 58 cm, etapa en la cual se obtuvo el mayor crecimiento del cultivo,

La altura máxima obtenida fue 20% mayor a las reportadas por Langlé (2011) y Espinosa (2011), quienes evaluaron el efecto de podas y densidad de siembra y efecto de cuatro soluciones nutritivas en chile huacle respectivamente; lo cual nos indica que la fertilización con una solución a una concentración de 20 meq L y sin realizar poda promovió un incremento en la altura del cultivo de chile huacle.

El chile huacle presentó 62 cm más en la altura final respecto al chile de agua, atribuyéndose a la variedad de formas y características fisiológicas de los cultivos como lo son los procesos de crecimiento y desarrollo, los cuales se ven afectadas por las actividades humanas con la siembra y cosecha (Chen y Xie, 2012).

La altura de la planta de chile huacle fue mayor a la del chile de agua y a las reportadas en plantas de chile poblano (Toledo *et al.*, 2011), chile guajillo (Moreno Pérez *et al.*, 2011a), pimiento morrón (Moreno Pérez *et al.*, 2011b) y menor a la altura de diferentes chiles cultivados en Tabasco (Narez *et al.*, 2014).

El crecimiento de ambos cultivos fue similar a lo reportado por Barraza *et al.* (2004) quienes encontraron un lento desarrollo durante los primeros 60 ddt para el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum*), también con lo reportado por Kaur *et al.* (2017) quienes reportaron que plantas de pimiento presentaron su máximo crecimiento de los 40 a 70 ddt.

Por lo anterior podemos identificar dos etapas en el crecimiento de los cultivos: La primera etapa como fase de adaptación al trasplante con un lento crecimiento (hasta los 30 ddt), de los 30 a los 60 y 90 ddt para el chile de agua y chile huacle respectivamente como la segunda etapa de mayor crecimiento, etapa en la cual se debe de cuidar la dosis de fertilización, en especial la disponibilidad de nitrógeno (N) esencial para la formación de hojas y promotor del crecimiento vegetativo y acumulación de materia seca (Mengel *et al.*, 2001). Lo cual puede ser a una mayor extracción nutrimental que presenta en la etapa de crecimiento y desarrollo de los frutos como lo señala Valentín *et al.* (2013) para el chile de agua.

El grosor final de los tallos presentaron diferencia significativa, el tallo del chile huacle sobresalió por 6 mm al del chile de agua (Figura 11). Los valores obtenidos en el diámetro de tallo son similares a los reportados en chile de agua (Martínez *et al.*, 2010), huacle (Espinosa, 2011), guajillo (Moreno Pérez *et al.*, 2011a) y menor al del pimiento morrón (Moreno Pérez *et al.*, 2011b).

Ambos cultivos presentaron entre la altura y el grosor de tallo una correlación positiva de 0.99 con un  $P \leq 0.01$  (Figura 12), característica deseable ya que el tallo es el sostén de la parte aérea de la planta, con tallos de mayor diámetro las plantas soportaran una mayor carga de frutos y se puede evitar problemas de acame provocado por viento y lluvias.

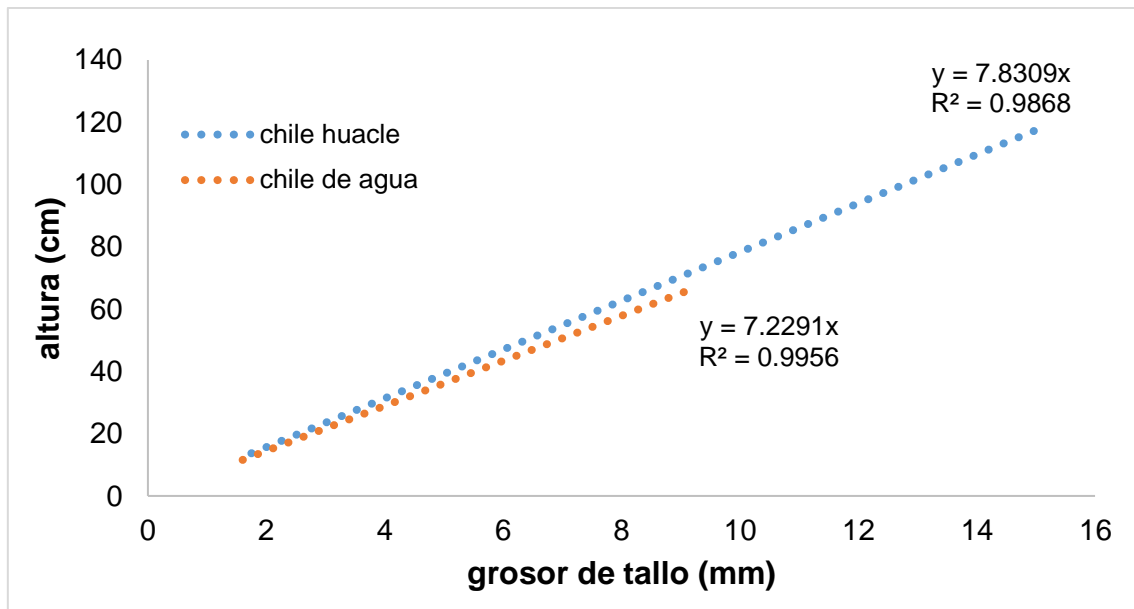


Figura 12 Correlación entre altura de planta y grosor de tallo de chile huacle y chile de agua.

## 6.2 Floración

En ambos cultivos se consideró etapa de floración cuando el 50% o más de las plantas mostraron flores totalmente abiertas. La presencia de botones para ambos cultivos inició a los 30 ddt, en ambos cultivos, se presentó menor número de flores abiertas que botones (Figura 13), ésta disminución fue ocasionada por la abscisión de botones y flores que presentaron durante el desarrollo de ambos cultivos tal como se muestra en la Figura 14, lo cual puede ser atribuido a una competencia por fotoasimilados debido al gran número de éstos órganos presentes en cada planta (Ramírez *et al.*, 2010).

Otro factor atribuible a la abscisión de botones y flores pudieran ser las altas temperaturas ya que se llegaron a registrar temperaturas hasta de 40 °C en el invernadero, lo cual probablemente hayan provocado mayor biosíntesis de etileno y ácido abscísico (Kaur *et al.*, 2017) o quizás el desarrollo del polen pudiera haber inhibido la fertilización como lo mencionan Sandoval *et al.* (2017) en el cultivo de pimiento.

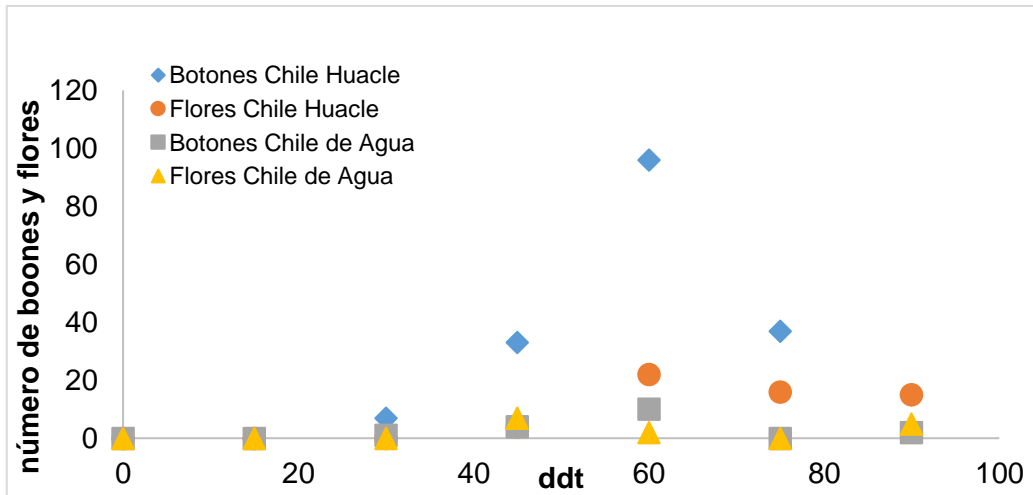


Figura 13 Número de botones y flores abiertas en chile huacle y chile de agua.

Actualmente no existe reporte alguno sobre la cantidad de botones y flores abiertas para ambos cultivos, por lo tanto, esta información puede ser tomada como referencia para trabajos posteriores para ésta etapa fenológica del cultivo ya que la abscisión de botones y flores es un factor que afecta el rendimiento de los cultivos lo cual provocaría pérdidas económicas para los productores de ambos cultivos.



Figura 14 Abscisión de botones y flores en chile huacle.

Los cultivos presentaron diferencias significativas en el tiempo de desarrollo del botón floral hasta su apertura, el chile de agua fue 50% más precoz que el chile huacle tardando únicamente nueve días desde su emisión hasta su completa apertura (Figura 15). Esta información es importante debido a que el tiempo de floración puede afectar los mecanismos de polinización, la producción y el éxito reproductivo de los cultivos (Exner *et al.*, 2010).

Asimismo, esa diferencia se puede atribuir al proceso de diferenciación floral, ya que este se desencadena siempre y cuando haya un mínimo de carbohidratos disponibles, el cual se ve afectado por el balance de los mismos durante el periodo en que está ocurriendo el fenómeno, cuando este balance es bajo la planta llega a abortar varios primordios florales que se están diferenciando (Contreras *et al.*, 2013).

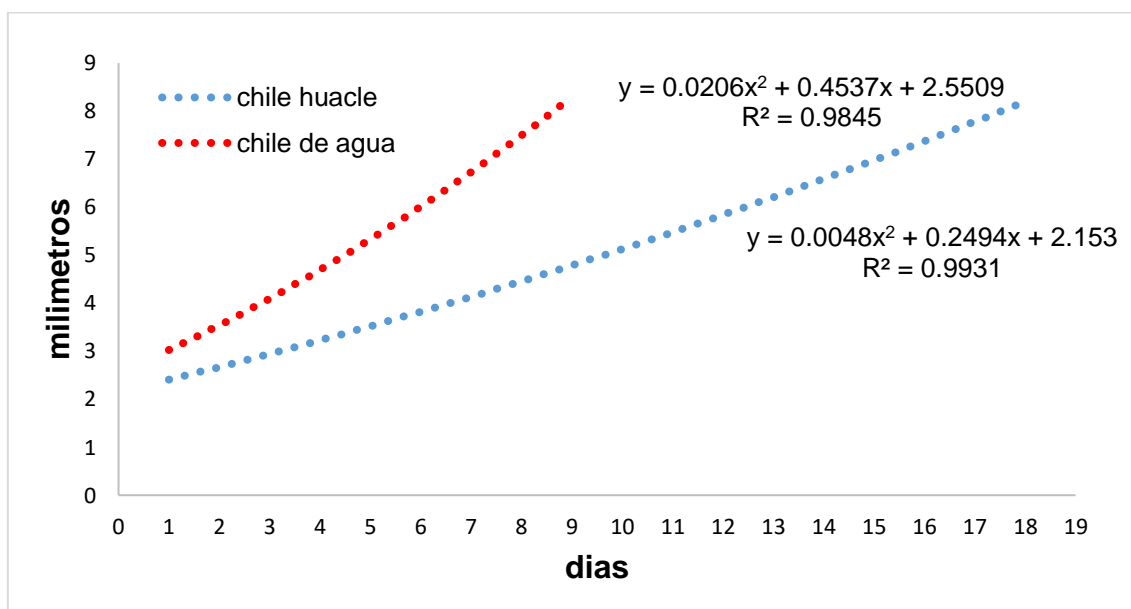


Figura 15 Desarrollo de botones de chile huacle y chile de agua.

Para ambos cultivos los botones alcanzaron un máximo de 8 mm de grosor antes de su apertura y un promedio de 2.7 y 2.4 cm de diámetro de la flor para chile huacle y chile de agua respectivamente (Figura 16).



Figura 16 a) Flor de chile huacle b) Flor de chile de agua. Barra = 1cm

La importancia de la floración se debe a que en el cultivo de *Capsicum annuum* L. se sabe que la forma y el tamaño final de la fruta se determinan en una etapa muy temprana del desarrollo floral (Sandoval *et al.*, 2017).

Se ha demostrado que la diferenciación floral es un factor afectado fuertemente por el ambiente y puede ser ampliamente modificado, pero para afectarlo a favor de la planta es necesario saber cómo y cuándo se presenta (Contreras *et al.*, 2013).

Aunque las especies del género *Capsicum* comparten rasgos comunes, pueden presentar características morfológicas propias como lo son el número de flores y las características de los frutos; también pueden presentar una diversidad genética (Castañón *et al.*, 2010).

Las diferencias morfológicas presentes en los dos cultivos pueden deberse a la adaptación que han adquirido provocadas por las condiciones climáticas, edáficas y manejo que se les brinda en los lugares de producción, mientras el chile de agua se ha reportado como endémico de la región de los valles centrales

de Oaxaca con un clima cálido subhúmedo, el chile huacle es cultivado en la región de la cañada con un clima seco cálido y semicálido.

Los periodos que se tardan los cultivos para cambiar de etapas fenológicas pueden ser afectados por las características nutricionales y las características físico-químicas del medio donde son cultivadas (Pascual *et al.*, 2008).

El N y K son los nutrimentos extraídos en mayor cantidad por la planta de chile de agua a través del ciclo de cultivo, en tanto que los mayores contenidos de P, K y Mg ocurren en la etapa de floración y formación de fruto (Valentín *et al.*, 2013).

La planta reduce el crecimiento vegetativo cuando inicia su fructificación, especialmente cuando los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento (Azofeifa y Moreira, 2004).

Las condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo adecuado de los órganos sexuales son un requisito previo para garantizar un alto conjunto de frutas, rendimiento y calidad (Kaur *et al.*, 2017).

### **6.3 Fruto**

Entre los dos cultivos existió una diferencia significativa en el tiempo que tardaron los frutos en desarrollarse, los frutos de chile de agua fueron más precoces alcanzado su tamaño final a los 25 días después del amarre, mientras que los frutos de chile huacle tardaron 33 días (Figura 17). El amarre y desarrollo del fruto son parte de un programa de desarrollo controlado genéticamente que existe en la mayoría de las plantas con flores (Tiwari *et al.*, 2012).

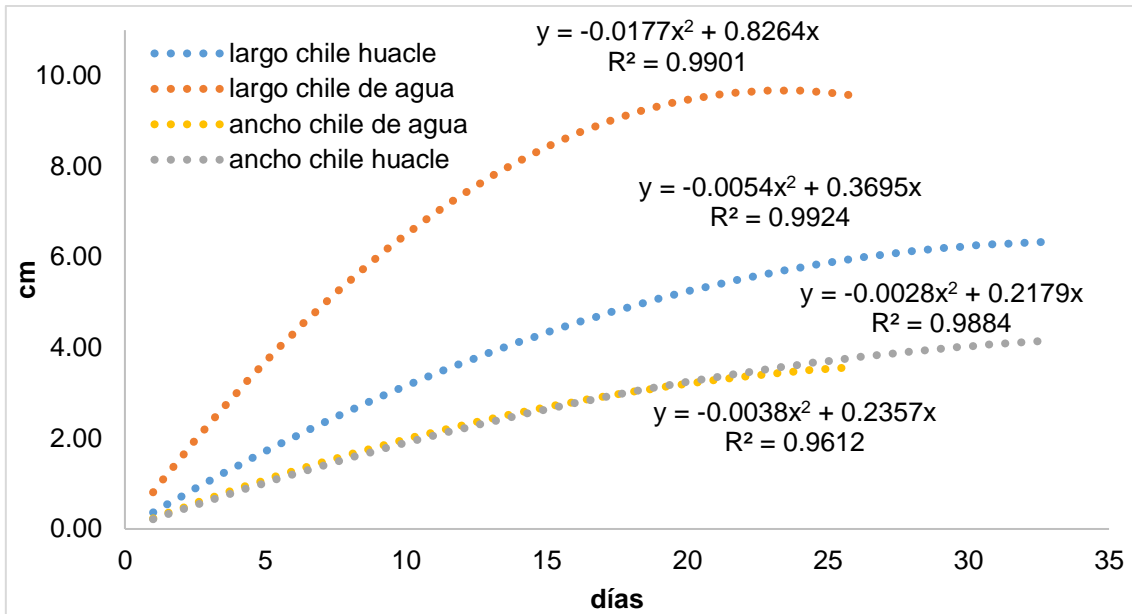


Figura 17 Desarrollo de frutos de chile huacle y chile de agua.

Una vez alcanzado el tamaño máximo, los frutos iniciaron su madurez fisiológica (Godoy y Dome, 2013). Se consideró una madurez fisiológica cuando los frutos de chile huacle mostraron el cambio de un color verde a café oscuro; mientras que dicho cambio en el fruto de chile de agua es de un color verde a rojo (Figura 18). Los colores que presentaron los frutos maduros de ambas especies, se encuentran dentro los mencionados por IPGRI (1995).

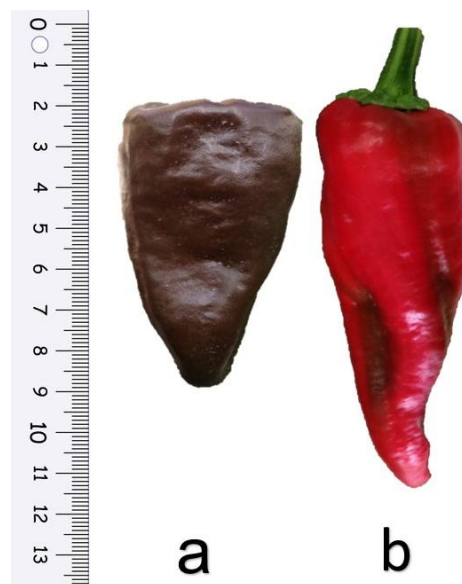


Figura 18 Frutos maduros a) chile huacle b) chile de agua.



Una vez que los frutos de chile huacle iniciaron su maduración fisiológica, tardaron en promedio 14 días en cambiar su coloración de verde a café oscuro en más de 90% del fruto, mientras que los frutos de chile de agua tardaron en promedio 7 días en cambiar su color de verde a rojo en su totalidad.

Se encontraron diferencias estadísticas en el peso fresco de los frutos, dicho parámetro tiene un coeficiente de variación del 37.36% (Cuadro 2), podemos considerar como alto este porcentaje lo cual se atribuye a que los frutos de chile de agua son cosechados y consumidos en fresco por lo cual presentan mayor cantidad de agua, esta característica presenta una fuerte correlación directa con el largo del futo del chile de agua; por el contrario, el peso seco el chile huacle fue superior y estadísticamente diferente al de los frutos de chile de agua, esta característica se mostró una correlación del 0.899 a un nivel de significancia del  $P \leq 0.01$  con el tamaño de la parte basal del fruto, lo anterior es congruente con lo reportado por Rêgo *et al.* (2011) quienes mencionan que la acumulación de materia seca en los frutos del género *Capsicum* se encuentra influenciado por la parte basal de los mismos.

Cuadro 2 Cuadrados medios y significancia estadística de las variables evaluadas en frutos de chile huacle y chile de agua

Variable	Cuadrados Medios	Significancia	CV (%)
Peso fresco	1052.036	**	37.36
Peso seco	35.363	**	35.49
Largo	75.188	**	22.35
Ancho	2.250	**	15.38
Grosor de pericarpio	0.004	NS	18.66
°Brix	67.500	**	23.59
Número de semillas	99.28	NS	31.05

Peso de 1000 semillas	0.066	**	11.99
-----------------------	-------	----	-------

CV= Coeficiente de variación. \*\*altamente significativo a P= 0.05, NS=diferencias no significativas

Se ha reportado que el aumento en el peso y ancho de los frutos es un efecto de las semillas (Roldán y Guerra, 2006; Thanopoulos, *et al.*, 2013), en este experimento no se encontraron diferencias significativas en el número de semillas por fruto (Cuadro 3) pero si en el tamaño de las semillas (Cuadro 5).

Dentro de los factores que influyen en la acumulación de materia seca se encuentran: el aumento en la concentración de P tal como lo reportaron Silber *et al.* (2005) en el cultivo de pimiento; también la presencia de hormonas de crecimiento influye en este parámetro (Kaur *et al.*, 2017) y por el genotipo de cada especie (Luitel y Kang, 2013).

Otro de los factores que pueden afectar el óptimo desarrollo de las plantas y frutos son períodos temperaturas menores a 18 °C, los cuales afectan negativamente el desarrollo de los ovarios, lo que da como resultado frutos malformados y mala calidad de la fruta (Ramalho do Rêgo *et al.*, 2016; Sandoval *et al.*, 2017).

Los largos de los frutos mostraron diferencias estadísticas significativas siendo mayor en frutos de chile de agua (Cuadro 3), esta característica mostró una correlación del 0.747 con el número de semillas presentes en los frutos de chile de agua superior al 0.540 de chile huacle ambos con un nivel de significancia al  $P \leq 0.01$ .

Cuadro 3 Características físicas y química de frutos de chile huacle y chile de agua.

	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor pericarpio (mm)	°Brix	Número Semillas
Agua	30.29 a	3.29 b	9.9 a	3.45 b	2.7 a	9.4 b	179 a
Huacle	19.43 b	5.27 a	7.0 b	3.95 a	3.0 a	14.0 a	183 a

Promedios con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Las dimensiones presentadas por los frutos de chile huacle son similares a las reportadas por Bosland y Votava (2012) quienes mencionan que los frutos del chile huacle presentan un rango de 5 a 7.5 cm de largo y de 4 a 6 cm de ancho. Asimismo, las dimensiones del chile de agua también fueron similares a las reportado por Martínez *et al.* (2010), quienes mencionan que la longitud en los frutos de las distintas colectas de chile de agua se encuentra en un rango de 9.14 a 10.40 cm. Al respecto, Moreno Pérez *et al.* (2011a) mencionan que el genotipo tiene influencia predominante en la expresión fenotípica del diámetro, peso y la parte comestible de la parte del fruto de chile, mientras que el ambiente tiene un efecto dominante en la longitud del fruto.

El peso, el tamaño de los frutos y el número de semillas también se han correlacionado con la cantidad de polen depositado en el estigma, la auxina que se produce en el polen, el endospermo y el embrión de las semillas en desarrollo, participa en la regulación del desarrollo de la fruta, ya que genera el estímulo inicial para el crecimiento del fruto (Pereira *et al.*, 2015).

Existieron diferencias estadísticas significativas en el número de frutos por planta, el chile huacle mostró un número total de 30 frutos por planta mientras que el chile de agua únicamente 16, lo cual podría deberse a la expresión genotípica de cada cultivo. El número total de frutos presentes en las plantas se

pudo ser afectado por la ausencia de polinizadores ya que en un espacio cerrado como lo es un invernadero se impide el paso de los insectos polinizadores que se encuentran de manera natural en las parcelas, siendo la polinización el factor que induce el amarre de frutos.

Los frutos presentaron 2.7 y 3.0 mm de grosor de pericarpio (Cuadro 3), similar a lo ya reportado por Aguilar Rincón *et al.* (2010) para el chile de agua quienes reportaron un rango de 1 a 3 mm.

Los frutos de chile huacle registraron diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles totales siendo mayor que los del chile de agua (Cuadro 3), esto es atribuido a la cantidad de agua presente en los frutos a la hora de su cosecha mientras los frutos de chile de agua presentan 90% de agua los frutos de chile huacle únicamente 73% y a la expresión genotípica de cada cultivo.

El número de semillas presentes en los frutos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 3), probablemente debido a la ausencia de los polinizadores dentro del invernadero. Una mayor producción de semillas es el rasgo que mejor destaca el papel de los polinizadores, dado que un grano de polen se requiere para cada semilla desarrollada (Pereira *et al.*, 2015).

#### **6.4 Tamaño y peso de semillas**

Aunque el número de semillas es similar para cada cultivo, estas presentaron diferencias en su tamaño (Cuadro 4) y peso (Figura 19), siendo en los dos casos mayor en semillas de chile huacle, el tamaño y peso de las semillas es el resultado de la acumulación de nutrientes y agua, asociado con la rápida división y elongación celular (Copeland y McDonald, 2001).

Cuadro 4 Dimensiones de semillas de chile huacle y chile de agua.

Cultivo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Perímetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )
Huacle	4.93 a	4.10 a	15.44 b	15.92 a
Agua	4.57b	3.98 b	16.31 a	14.32 b

Promedios con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Las dimensiones de las semillas de chile de agua fueron similares a las reportadas por López (2007), quien reporta un diámetro promedio de 4 mm y un promedio de 160 a 170 semillas para generar un gramo de semillas.

Las semillas de los dos cultivos evaluados en este estudio, se encuentran en el rango reportado por Bosland y Votava (2012), quienes mencionan que una semilla típica de *Capsicum annuum* tiene aproximadamente 1 mm de espesor, 5.3 mm de largo y 4.3 mm de ancho, con una superficie de 33 mm<sup>2</sup> promedio.

El tamaño de la semilla es un carácter con variación genética de tipo aditivo, de baja heredabilidad, influenciado por la competencia intra e interplanta y factores del ambiente (Valadez *et al.*, 2011).

En la variable peso de mil semillas se presentó diferencia estadística significativa, lo cual puede ser atribuido nuevamente a la expresión genotípica de cada cultivo, siendo mayor el peso de las semillas de chile huacle con respecto a las del chile de agua (Figura 19). similar a lo reportado por Carrillo *et al.* (2009) de 4.84 a 6.24 g para diferentes colectas de chile de agua. Los pesos obtenidos se encuentran en el rango reportado (5 - 7 g) por Bosland y Votava (2012) para semillas de pimiento. Sin embargo, en este experimento ambos cultivos presentaron un peso menor a lo reportado por Villalón *et al.* (2013) quienes reportaron un peso promedio de 10.21 g en semillas de chile silvestre.

Estas diferencias se pueden atribuir a que el peso o masa de la semilla varía ampliamente entre poblaciones, entre o dentro de una planta individual, y puede afectar el porcentaje y la velocidad de germinación (Hernández *et al.*, 2010).

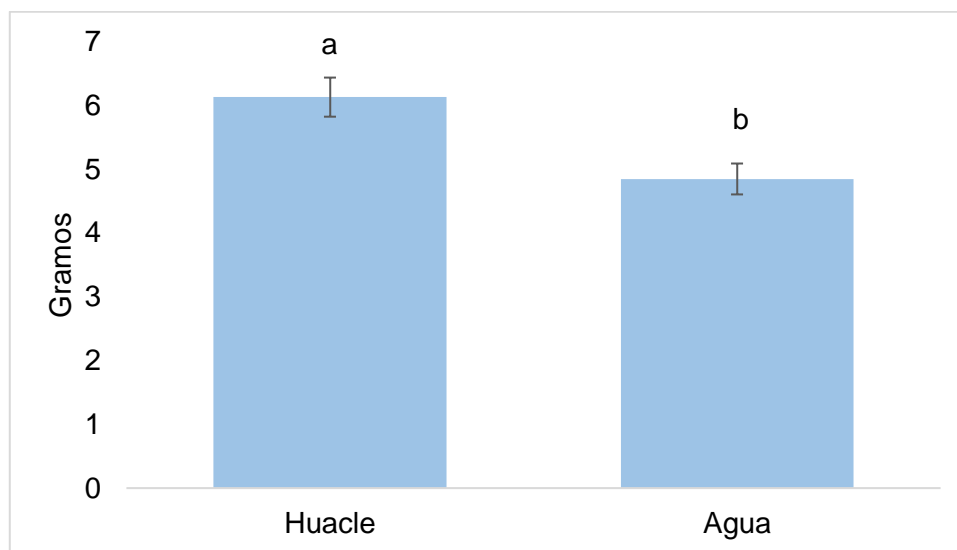


Figura 19 Peso de 1000 semillas de chile huacle y chile de agua.

### 6.5 Germinación

El porcentaje de germinación presentó diferencias significativas entre los cultivos (Figura 20), siendo superior en semillas de chile huacle con 90% de semillas germinadas, mientras que las semillas de chile de agua solo germinaron el 51%.

Además, las semillas de chile huacle presentaron el porcentaje total de germinación a los 8 días mientras que la germinación de las semillas de chile de agua fue progresiva hasta el final de la prueba (Figura 20). Esta diferencia se puede atribuir a las diferencias en el peso de las semillas como se mencionó anteriormente, efecto reportado por Hernández *et al.* (2010) en semillas de chiles silvestres, ya que en especies cultivadas hay una correlación directa y positiva entre el peso y la germinación o crecimiento de la plántula (Lessa *et al.*, 2015). Aunque, por otra parte, se menciona que las semillas de menor tamaño presentan una lenta germinación (Valadez *et al.*, 2011).

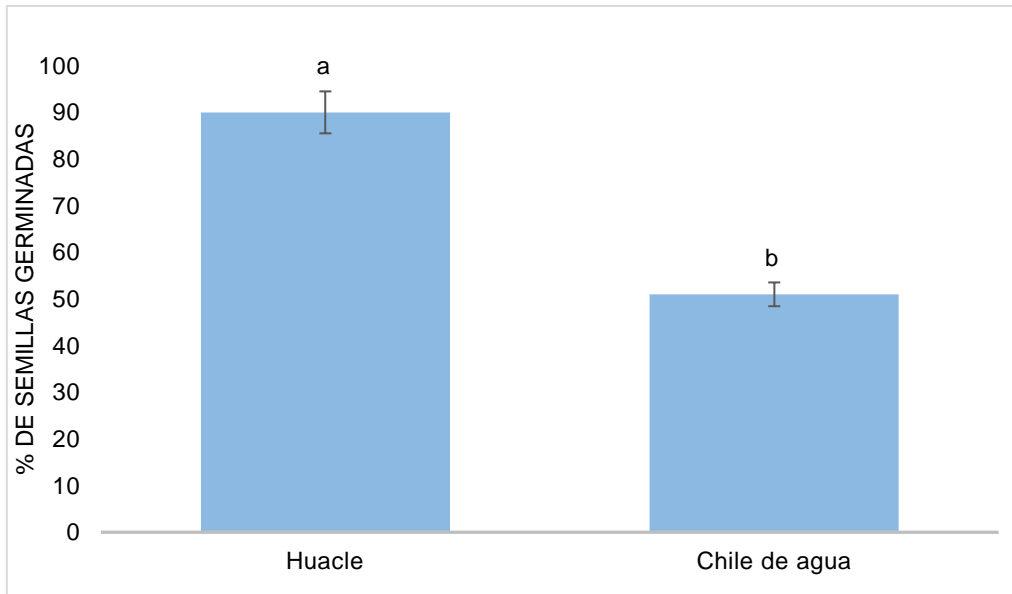


Figura 20 Germinación a 14 días en condiciones de laboratorio de semillas de chile huacle y chile de agua.

Además de presentar un mayor porcentaje de semillas germinadas, las semillas de chile huacle mostraron un mayor número de plántulas normales (plántulas con plúmula y radícula), mientras que las semillas de chile de agua presentaron un número mayor de plántulas anormales (únicamente presentaron radícula) (Cuadro 5).

Cuadro 5 Número de plántulas normales y anormales de semillas germinadas de chile de agua y chile huacle.

chile	Plántulas normales	Plantas anormales
Huacle	86 a	4 b
Agua	16 b	35 a

Promedios con la misma letra en columnas son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Los porcentajes de germinación de las semillas de chile huacle son similares con los reportados para 13 variedades de pimientos con porcentajes de germinación en un rango de 76 a 94 % (Kavak, Ilbi, y Eser, 2008; Kim *et al.*, 2014), chile habanero con un 95% (Garruña, 2014) y superiores al 57 % reportado para chile habanero (Moo-Muñoz *et al.*, 2016), 43% para chile “amashito” (González *et al.*,

2015) y 22% para chile "Chiltepin" (Araiza *et al.*, 2011), estos dos últimos chiles nativos de México.

Por otro lado, el porcentaje presentado por las semillas de chile de agua son menores al 92% reportado para el mismo cultivo por Carrillo *et al.* (2009), lo cual puede atribuirse a la diferencia genética (Demir *et al.*, 2008) presente entre las colectas de chile de agua; sin embargo, las longitudes de plúmula y radícula en plántulas normales son similares a las reportadas por el mismo autor.

Las plántulas de chile huacle mostraron una longitud mayor en radícula y plúmula (Figura 21 y 22). Siendo una característica favorable para la propagación del cultivo, ya que según Bosland y Votava (2012) mencionan que las semillas más pequeñas no sirven para producir trasplantes que cumplan con los requisitos de tamaño mínimo de las plantas.

La diferencia en el método de secado de las semillas puede afectar las características de las plántulas (Moo-Muñoz *et al.*, 2016). Ya que las semillas de chile de agua son retiradas de frutos con 89 % de humedad y posteriormente se someten a un secado a temperatura ambiente, las semillas de chile huacle son extraídas de frutos completamente secos.

Esta variación también se puede atribuir a la posición en la cual se desarrolló la semilla dentro del fruto, las semillas desarrolladas en la parte inferior del fruto producen semillas con mayor peso seco y mejores características en su germinación (Russo, 2012).

El porcentaje de la germinación de las semillas de chile huacle fue 39 % mayor a la del chile de agua. Condición favorable para el cultivo de chile huacle, ya que la germinación es un componente principal del establecimiento y supervivencia



de las plántulas y se considera la fase más crítica del ciclo de vida de la planta (Barchenger y Bosland, 2016).



Figura 21 Plántulas de chile de agua.



Figura 22 Plántulas de chile huacle.

## VII CONCLUSIONES

El cultivo de chile huacle sobresalió en 45 % en altura de planta, 37 % en grosor del tallo, 76 % botones y 80 % flores abiertas así mismo; los frutos tuvieron un 37.5% mayor en peso seco y fueron más dulces en un 32.8%. Sin embargo, el chile de agua presentó una precocidad del 50% en el desarrollo y apertura de los botones, maduración de frutos y días a la cosecha.

Las semillas de chile huacle con respecto al chile de agua sobresalieron en 20.9 % en el peso de 1000 semillas y 39 % de germinación. Asimismo, las plántulas de chile huacle fueron 97 % normales.

## VIII BIBLIOGRAFÍA

- Abrol, D. P. (2012). *Pollination Biology*. Dordrecht: Springer Netherlands, 792 p.
- Agrawal, G. K. y Rakwal, R. (Eds.). (2012). *Seed Development: OMICS Technologies toward Improvement of Seed Quality and Crop Yield*. Dordrecht: Springer Netherlands, 576p.
- Aguilar Rincón, V. H., Corona-Torres, T., López-López, P., Latournerie-Moreno, L., Ramirez- Meraz, M., Villalon-Mendozá, H. y Aguilar-Castillo, J. A. (2010). *Los chiles de México y su distribución*. Montecillo, Texcoco, Estado de México.: SINEREFI, Colegio de Posgraduados, INIFAP, IT-Conkal,UANL,UAN, 107p.
- Araiza Lizarde, N., Araiza Lizarde, E. y Martínez Martínez, J. G. (2011). Evaluation of germination and seedling Growth of Chiltepín (*Capsicum annuum* L variedad glabriusculum) greenhouse. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2), 170–175.
- Azofeifa, Á. y Moreira, M. A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 19-29.
- Baba, V. Y., Rocha, K. R., Gomes, G. P., de Fátima Ruas, C., Ruas, P. M., Rodrigues, R. y Goncalves, L. S. A. (2016). Genetic diversity of *Capsicum chinense* accessions based on fruit morphological characterization and AFLP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63(8), 1371–1381.
- Barchenger, D. W. y Bosland, P. W. (2016). Exogenous applications of capsaicin inhibits seed germination of *Capsicum annuum*. *Scientia Horticulturae*, 203, 29–31.

- Barraza, F. V., Fischer, G. y Cardona, C. E. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 22(1), 81-90.
- Bidwell, R. G. S. (1993). *Fisiología vegetal* (1st ed.). México: AGT editor, 784p.
- Bosland, P. W. y Votava, E. J. (2012). Peppers: vegetable and spice capsicums (2nd ed). Cambridge, MA: CABI, 230p.
- Carrillo, E. P., Mejía Contreras, J. A., Carballo Carballo, A., García de los Santos, G., Aguilar Rincón, V. H. y Corona Torres, T. (2009). Calidad de semilla en colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) de los Valles centrales de Oaxaca, México. *Agricultura Técnica En México*, 35(3), 257–266.
- Carrizo Garcia, C. (2011). Fruit characteristics, seed production and pollen tube growth in the wild chilli pepper *Capsicum flexuosum*. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 206(4), 334–340.
- Castañón-Nájera, G., Latournerie-Moreno, L., Leshner-Gordillo, J. M., De la Cruz-Lázaro, E. y Mendoza-Elos, M. (2010). Identificación de variables para caracterizar morfológicamente colectas de chile (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 26(3), 225–234.
- Castellón Martínez, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chavez-Servia, J. L. y Vera-Guzmán, A. M. (2014). Variación fenotípica de morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) nativo de Oaxaca, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 83(2), 225–236.
- Chen, F. y Xie, Z. (2012). Effects of crop growth and development on regional climate: a case study over East Asian monsoon area. *Climate Dynamics*, 38(11–12), 2291–2305.

- Contreras-Magaña, E., Arroyo-Pozos, H., Ayala-Arreola, J., Sánchez-Del-Castillo, F. y Moreno-Pérez, E. del C. (2013). Morphological characterization of floral differentiation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XIX (4), 59–70.
- Copeland, L. O. y McDonald, M. B. (2001). *Principles of Seed Science and Technology*. Boston, MA: Springer US, 467p.
- Cota-Guzmán H. I (2013) Investigación y Difusión de la Gastronomía: Don Félix, el chihuacle y la historia oral. Investigación Documental No. 4. Colegio de Gastronomía. Universidad del Claustro de Sor Juana: México D. F. pp. 40-49.
- Demir, I., Tekin, A., Ökmen, Z. A., Okçu, G. y Kenanoğlu, B. B. (2008). Seed quality and fatty acid and sugar contents of pepper seeds (*Capsicum annuum* L.) in relation to seed development and drying temperatures. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(6), 529–536.
- Espinosa Rodríguez, M. (2011). Respuesta del chile huacle (*Capsicum spp.*) a cuatro soluciones nutritivas en cultivo sin suelo y bajo invernadero. Tesis de maestría. CIIDIR- Oaxaca Instituto Politécnico Nacional. 61p.
- Exner, E., Zabala, J. M. y Pensiero, J. F. (2010). Variación en la fenología de la floración y en el éxito reproductivo en *Setaria lachnea*. *Agrociencia*, 44(7), 779–789.
- Favela Chávez, E., Preciado Rangel, P., & Benavides Mendoza, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 146p.
- Garruña-Hernández, R., Latournerie-Moreno, L., Ayala-Garay, O., Santamaría, J. M. y Pinzón-López, L. (2014). Acondicionamiento pre-siembra: una

- opción para incrementar la germinación de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(4), 413–423.
- Godoy, C. y Dome, C. (2013). Relación entre la madurez fisiológica y la madurez comercial de frutos de kiwi 'Hayward' producidos en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*, 45(2), 311–325.
- González-Cortés, N., Jiménez Vera, R., Guerra Baños, E. C., Silos Espino, H. Payro de la Cruz, E. (2015). Germinación del chile amashito (*Capsicum annum* L. var. *Glabriusculum*) en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (11), 2211-2218.
- Hernández-Verdugo, S., López-España, R. G., Porras, F., Parra-Terraza, S., Villareal-Romero, M. y Osuna-Enciso, T. (2010). Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. *Agrociencia*, 44(6), 667–677.
- IPGRI International Plant Genetic Resources Institute (Ed.). (1995). *Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.)* Rome 49P.
- ISTA. (2012). *International Rules for Seed Testing Rules 2012*. Bassersdorf, CH-Switzerland 243p.
- Izquierdo, J. y Granados-Ortiz, S. (2000). Manual técnico: producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. D – FAO, 98p.
- Kaur, S., Ghai, N. y Jindal, S. K. (2017). Improvement of growth characteristics and fruit set in bell pepper (*Capsicum annum* L.) through IAA application. *Indian Journal of Plant Physiology*, 22(2), 213–220.

- Kavak, S., Ilbi, H. y Eser, B. (2008). Controlled deterioration test determines vigour and predicts field emergence in pepper seed lots. *Seed Science and Technology*, 36(2), 456–461.
- Kim, G., Kim, G.-H., Lohumi, S., Kang, J.-S. y Cho, B.-K. (2014). Viability estimation of pepper seeds using time-resolved photothermal signal characterization. *Infrared Physics & Technology*, 67, 214–221.
- Langlé Arguello L. A. (2011). Respuesta del chile huacle (*Capsicum* spp.) a diferentes densidades de plantación y podas bajo manejo intensivo en invernadero. Tesis de maestría. CIIDIR- Oaxaca Instituto Politécnico Nacional. 39 p.
- Lessa, B., de Almeida, J., Pinheiro, C. L., Gomes, F. M. y Medeiros-Filho, S. (2015). Germinación y crecimiento de plántulas de *Enterolobium contortisiliquum* en función del peso de la semilla y las condiciones de temperatura y luz. *Agrociencia*, 49(3), 315–327.
- Lira, R., Casas, A. y Blancas, J. (Eds.). (2016). Ethnobotany of México. New York, NY: Springer New York, 560p.
- López- López, P. (2007). El chile de agua un chile típico de los Valles Centrales de Oaxaca. *Agroproduce*, 18, 8–12.
- López- López, P., Rodríguez- Hernández, R. y Bravo-Mosqueda, E. (2016). Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L) en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 38, 317-328.
- López-López, P. y Pérez-Bennetts, D. (2015). El chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. *Agroproductividad*, 8, 35–39.
- Luitel, B. P. y Kang, W. H. (2013). Assessment of fruit quality variation in doubled haploids of minipaprika (*Capsicum annuum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54(3), 257–265.

- Marrelli, M., Menichini, F. y Conforti, F. (2016). Hypolipidemic and Antioxidant Properties of Hot Pepper Flower (*Capsicum annuum* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(3), 301–306.
- Martínez Sánchez, D., Pérez-Grajales, M., Rodríguez Pérez, J. E. y Moreno Pérez, E. del C. (2010). caracterización morfológica de chile de agua.pdf. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3), 169–176.
- Martínez-Quezada, D. M., Sandoval-Zapotitla, E., Solís-De la Cruz, J., Velázquez-Vázquez, D. E. y Herrera-Cabrera, E. B. (2016). Caracterización anatómica y análisis de variación de epidermis foliar y caulinar entre dos genotipos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad*, 9(1), 26-33.
- Mengel, K., Kirkby, E. A., Kosegarten, H. y Appel, T. (Eds.). (2001). Principles of Plant Nutrition. Dordrecht: Springer Netherlands, 849p.
- Monroy-Vázquez, M. E., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Solano-Camacho, E., Campos, H. y García-Villanueva, E. (2017). Imbibición, viabilidad y vigor de semillas de cuatro especies de opuntia con grado distinto de domesticación. *Agrociencia*, 51(1), 27-42.
- Montaño-Lugo, M. L., Velasco, V. A. V., Luna, J. R., Ángeles, G. V. C., Ortiz, G. R. y Martínez, L. M. (2014). Contribución al conocimiento etnobotánico del chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 503–511.
- Moo-Muñoz, A. J., Latournerie-Moreno, L., Pinzón-López, L. L., Ayala-Garay, O. J. y Tzec-May, Y. A. (2016). Efecto de la madurez y secado de semilla de *Capsicum chinense* Jacq. en la germinación y calidad fisiológica de plántula. *Agroproductividad*, 9(1), 63-67.



- Moreno Résendez, A., Aguilar Durón, J. y Luévano González, A. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 763–774.
- Moreno-Pérez, E. del C., Avendaño-Arrazate, C. H., Mora-Aguilar, R., Cadena-Iñiguez, J., Aguilar-Rincón, V. H. y Aguirre-Medina, J. F. (2011a). Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annum* L.) del centro-norte de México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(1), 23–30.
- Moreno Pérez E. del C., Mora Aguilar, R., Sánchez del Castillo, F. y García-Pérez, V. (2011b). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(SPE2), 5–18.
- Narez-Jiménez, C. A., de la Cruz-Lázaro, E., División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Gómez-Vázquez, A., Márquez-Quiroz, C. y García-Alamilla, P. (2014). Collection and in situ morphological characterization of peppers (*Capsicum* spp.) cultivated in tabasco, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XX(3), 269–282.
- Orobiyi, A., Loko, L. Y., Sanoussi, F., Agré, A. P., Korie, N., Gbaguidi, A. y Dansi, A. (2017). Agro-morphological characterization of chili pepper landraces (*Capsicum annum* L.) cultivated in Northern Benin. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65 (2), 555-569.
- Pascual, I., Avilés, M., Aguirreolea, J. y Sánchez-Díaz, M. (2008). Effect of sanitized and non-sanitized sewage sludge on soil microbial community and the physiology of pepper plants. *Plant and Soil*, 310(1–2), 41–53.

- Pereira, A. L. C., Taques, T. C., Valim, J. O. S., Madureira, A. P. y Campos, W. G. (2015). The management of bee communities by intercropping with flowering basil (*Ocimum basilicum*) enhances pollination and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Insect Conservation*, 19(3), 479–486.
- Ramalho do Rêgo, E., Monteiro do Rêgo, M. y Finger, F. L. (2016). Production and Breeding of Chilli Peppers (*Capsicum spp.*). Cham: Springer International Publishing 134p.
- Ramírez, A., Domingo, M., Velásquez Valle, R., Sánchez Toledano, B. I. y Acosta Díaz, E. (2014). Floración y fructificación de chile mirasol (*Capsicum annuum* L.) con labranza reducida, labranza convencional o incorporación de avena al suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6), 1001–1013.
- Ramírez, H., Amado-Ramírez, C., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Torres, V. y Martínez-Osorio, A. (2010). Prohexadiona-Ca, AG3, ANOXA y BA modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile Mirador. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16(2), 83–89.
- Rêgo, E. R. do, Rêgo, M. M. do, Cruz, C. D., Finger, F. L. y Casali, V. W. D. (2011). Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(6), 909–918.
- Reveles Hernández, M., Velásquez Valle, R., Reveles Torres, L. R. y Mena Covarrubias, J. (2013). Selección y conservación de semilla de chile: primer paso para una buena cosecha. *Folleto Técnico. Núm. 51. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP*, 43p.

- Roldán Serrano, A. y Guerra-Sanz, J. M. (2006). Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination. *Scientia Horticulturae*, 110(2), 160–166.
- Russo, V. M. (Ed.). (2012). Peppers: botany, production and uses. Wallingford, Oxfordshire, UK; Cambridge, MA: CABI, 280p.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. (1994). Fisiología Vegetal (4th ed.). Grupo Editorial Iberoamérica, 759p.
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D. L. y Anchondo-Nájera, Á. (2011). Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(SPE. 1), 63–68.
- Sandoval-Oliveros, R., Guevara-Olvera, L., Beltrán, J. P., Gómez-Mena, C. y Acosta-García, G. (2017). (*Capsicum annuum* L.) and the effect of gibberellin on ovary growth. *Plant Reproduction*, 30(3), 119–129.
- Silber, A., Bruner, M., Kenig, E., Reshef, G., Zohar, H., Posalski, I. y Assouline, S. (2005). High fertigation frequency and phosphorus level: Effects on summer-grown bell pepper growth and blossom-end rot incidence. *Plant and Soil*, 270(1), 135–146.
- Thanopoulos, C., Bouranis, D. y Passam, H. C. (2013). Comparative development, maturation and ripening of seedless and seed-containing bell pepper fruits. *Scientia Horticulturae*, 164, 573–577.
- Tiwari, A., Offringa, R. y Heuvelink, E. (2012). Auxin-induced Fruit Set in *Capsicum annuum* L. Requires Downstream Gibberellin Biosynthesis. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31(4), 570–578.

- Toledo-Aguilar, R., López-Sánchez, H., Antonio López, P., Guerrero-Rodríguez, J. de D., Santacruz-Varela, A. y Huerta-de la Peña, A. (2016). Diversidad morfológica de poblaciones nativas de Chile poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1005-1015.
- Valadez-Gutiérrez, J., Mendoza-Onofre, L. E., Castillo-González, F., Córdova Téllez, L. y Mendoza-Castillo, M. (2011). Selección por tamaño de semilla y su efecto en la germinación de semilla y vigor de plántula de líneas mantenedoras de sorgo. *Agrociencia*, 45(8), 893–909.
- Valentín-Miguel, M. C., Castro-Brindis, R., Rodríguez-Pérez, J. E. y Pérez-Grajales, M. (2013). Extracción de macronutrientes en Chile de Agua (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(4), 71–78.
- Velasco Velasco, V. A., Trinidad Santos, A., Tirado Torres, J. L., Téliz Ortiz, D., Martínez Garza, Á. y Cadena Hinojosa, M. (1998). Efecto de algunos nutrientes en plantas de Chile de Agua infectadas con virus. *Terra Latinoamericana*, 16(4) 317-324.
- Villalón Mendoza, H., Medina Martínez, T. y Ramírez Meráz, M. (2013). Factores de calidad de la semilla de Chile silvestre (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(17), 182–187.
- Zhang, Q. y Wing, R. A. (Eds.). (2013). *Genetics and Genomics of Rice*. New York, NY: Springer New York, 402p.