



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

A



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**CALIDAD FISIOLÓGICA Y COMPOSICIÓN MINERAL DE  
SEMILLAS DE *Capsicum chinense* EN RESPUESTA AL  
ACONDICIONAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS**

**TESIS**

Que presenta:

**Carlos David Hernández Pinto**

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**Doctor en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable**

**Director de tesis**

Dr. René Garruña Hernández

**Conkal, Yucatán, México**

**Diciembre, 2021**



**TecNM**



Conkal, Yucatán, México, a 07 de diciembre de 2021

El comité de tesis del candidato a grado: Carlos David Hernández Pinto, constituido por los CC. Dr. Rene Garruña Hernández, Dr. Rubén Humberto Andueza Noh, Dr. Carlos Juan Alvarado López, Dr. Emanuel Hernández Núñez y Dr. Roberto Zamora Bustillos habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Calidad fisiológica y composición mineral de semillas de *Capsicum chinense* en respuesta al acondicionamiento postcosecha de frutos**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

**ATENTAMENTE**

---

Dr. Rene Garruña Hernández

Director de Tesis

---

Dr. Rubén Humberto Andueza Noh

Asesor de Tesis

---

Dr. Carlos Juan Alvarado López

Asesor de Tesis

---

Dr. Emanuel Hernández Núñez

Asesor de Tesis

---

Dr. Roberto Zamora Bustillos

Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán, México a 07 de diciembre de 2021

### **DECLARATORIA DE PROPIEDAD**

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Carlos David Hernández Pinto

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE PROPIEDAD	III
AGRDECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	VI
INDICE DE CONTENIDO	VII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE CUADROS	XIII
<b>RESUMEN</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>16</b>
<b>1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	<b>17</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>17</b>
<b>1.2 antecedentes</b>	<b>18</b>
1.2.1 Formación de las semillas	18
1.2.2 Embriogénesis cigótica	18
1.2.3 Anatomía de la semilla	19
1.2.4 Proteínas LEA's	21
1.2.5 Estado del desarrollo del fruto y calidad de semilla	21
<b>1.3 Hipótesis</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Objetivos</b>	<b>23</b>
<b>1.5 Procedimiento experimental</b>	<b>24</b>
<b>1.6 Literatura citada</b>	<b>25</b>
<b>2. CAPÍTULO 2. KINETICS OF ELECTROLYTES DURING GERMINATION OF HABANERO PEPPER SEEDS IN RESPONSE TO IMBIBITION</b>	<b>29</b>
2.1 Abstrac	29
2.2 INTRODUCTION	30
2.3 MATERIALS AND METHODS	32
2.3.1 Plant material	32

2.3.2 Mineral analysis of seeds and seedlings	32
2.3.3 Germination test and electrical conductivity	32
2.3.4 Analysis and experimental design	33
2.4 RESULTS AND DISCUSSION	33
2.4.1 Concentration and distribution of electrolytes (K, Ca, Fe, P, Mg and Mn) in seeds and seedlings <sup>5</sup>	34
2.4.2 Germination test and electrical conductivity	50
2.5 CONCLUSIONS	52
2.6 REFERENCES	52
<b>3.    CAPÍTULO III. ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS: ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CHILE HABANERO</b>	<b>58</b>
3.1 RESUMEN	58
3.2 SUMMARY	59
3.3 INTRODUCCIÓN	60
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS	60
3.4.1 Producción de semillas	60
3.4.2 Variables evaluadas	61
3.4.3 Diseño experimental y análisis estadístico	63
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
3.5.1 Contenido de humedad	65
3.5.2 Conductividad eléctrica	65
3.5.3 Germinación y emergencia	67
3.5.4 Tasa de germinación y emergencia	68
3.5.5 Longitud y tasa de crecimiento relativo de las radículas	70
3.6 CONCLUSIÓN	73
3.7 AGRADECIMIENTOS	74
3.8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO 4. INCREMENTO EN EL VIGOR DE LAS SEMILLAS Y LA CALIDAD DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO UTILIZANDO ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS</b>	<b>78</b>
	4.1 Resumen	78
	4.2 Abstract	79
	4.3 Introducción	80
	4.4 Materiales y métodos	81
	4.4.1 Ubicación y obtención de las semillas	81
	4.4.2 Obtención de plántulas y diseño experimental	81
	4.4.3 Variables evaluadas	82
	4.4.4 Análisis de datos	83
	4.5 Resultados y discusión	84
	4.5.1 Porcentaje y tasa de emergencia	85
	4.5.2 Altura y diámetro del tallo	86
	4.5.3 Biomasa seca	88
	4.5.4 Coeficiente de esbeltez	90
	4.5 CONCLUSIONES	92
	4.7 AGRADECIMIENTOS	92
	4.8 LITERATURA CITADA	93
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO 5. GERMINACIÓN Y PROTEÍNAS LEA'S EN SEMILLAS DE CHILE HABANERO CON DIFERENTES GRADOS DE MADUREZ</b>	<b>97</b>
	5.1 Resumen	97
	5.2 Abstract	98
	5.3 Introducción	98
	5.4 Contexto teórico	100
	5.4.1 Contenido	103
	5.5 Conclusiones	108
	5.6 Referencias	109
<b>6.</b>	<b>CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### 1. CAPÍTULO 2

- Figure 1.** (A) Maturity stages of the habanero pepper fruit. (B) Complete seed divided into the central region of the micropyle and (C) habanero pepper embryo, quadrants I (hypocotyl), II (cotyledons), III (hypocotyl-radicle) and IV (radicle). **31**
- Figure 2.** Elemental concentration of K in seeds pre-imbibition (A) and seeds post-imbibition (B) and distribution in habanero pepper seeds pre-imbibition (C), seeds post-imbibition (D), habanero seedlings at 10 (E) and 14 days after sowing (F), of seeds of green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (s/a) and stored for 7 and 14 days postharvest. **37**
- Figure 3:** Elemental concentration of Ca in seeds pre-imbibition (A) and seeds post-imbibition (B) and distribution in habanero pepper seeds pre-imbibition (C), seeds post-imbibition (D), habanero seedlings at 10 (E) and 14 days after sowing (F), of seeds of green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (u/s) and stored for 7 and 14 days postharvest. **40**
- Figure 4.** Elemental concentration of P in seeds pre-imbibition (A) and seeds post-imbibition (B) and distribution in habanero pepper seeds pre-imbibition (C), seeds post-imbibition (D), habanero seedlings at 10 (E) and 14 days after sowing (F), of seeds of green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (u/s) and stored for 7 and 14 days postharvest. **43**
- Figure 5.** Elemental concentration of Fe in seeds pre-imbibition (A) and seeds post-imbibition (B) and distribution in habanero pepper seeds pre-imbibition (C), seeds post-imbibition (D), habanero seedlings at 10 (E) and 14 days after sowing (F), of seeds of green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (u/s) and stored for 7 and 14 days postharvest. **45**
- Figure 6.** Elemental concentration of Mg in seeds pre-imbibition (A) and seeds post-imbibition (B) and distribution in habanero pepper seeds pre-imbibition (C), **47**

seeds post-imbibition (D), habanero seedlings at 10 (E) and 14 days after sowing (F), of seeds of green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (u/s) and stored for 7 and 14 days postharvest.

**Figure 7.** Elemental concentration of Mn in seeds pre-imbibition (A) and seeds post-imbibition (B) and distribution in habanero pepper seeds pre-imbibition (C), seeds post-imbibition (D), habanero seedlings at 10 (E) and 14 days after sowing (F), of seeds of green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (u/s) and stored for 7 and 14 days postharvest.

49

**Figure 8,** A) Percentage of germination and electrical conductivity of habanero pepper seeds and B) correlation between the germination percentage and electrical conductivity of habanero pepper seeds from green (UR), half-ripe (HR) and ripe (R) fruits; unstored (u/s) and stored for 7 and 14 days postharvest.

51

## 1. CAPÍTULO 3

**Figura 1** Conductividad eléctrica (EC) de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) extraídas de frutos verdes (Unripe), pintos (Half-ripe) y maduros (ripe); sin almacenar (not-stored) y almacenados durante 7 y 14 días postcosecha. Literales diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ; DMS = 0.00606). n = 200.

66

**Figura 2.** A) Germinación de semillas y B) Emergencia de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) extraídas de frutos verdes (UR), pintos (HR) y maduros (R); sin almacenar y almacenados durante 7 (UR7, HR7 y R7) y 14 (UR14, HR14 y R14) días postcosecha. Los datos son medias, \* = diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (ANOVA,  $p \leq 0.05$ ; DMS en %G = 0.177; DMS en %E = 0.294). n = 100.

68

**Figura 3** A) Longitud de raíz (RL) y B) Tasa de crecimiento relativo de la RL (RGRRL) de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) provenientes de semillas extraídas de frutos verdes (UR), pintos (HR) y maduros (R); sin almacenar (not-stored) y almacenados durante 7 (UR7, HR7 y R7) y 14 (UR14,

71

HR14 y R14) días postcosecha. Los datos son medias  $\pm$  EE. \* = diferencias estadísticas significativas (ANOVA,  $p \leq 0.05$ ). Literales diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey,  $\alpha = 0.05$ , DMS en RL a los 7 días = 0.418; DMS en RL a los 14 días = 0.856; DMS RGRRL = 0.366). n = 50.

**Figura 4.** Semillas de chile habanero a los siete días después de la siembra, extraídas de frutos verdes (UR), pintos (HR) y maduros (R); sin almacenar y almacenados durante 7 (UR7, HR7 y R7) y 14 (UR14, HR14 y R14) días postcosecha.

72

## 2. CAPÍTULO 4

**Figura 1.** Porcentaje (a) y tasa de emergencia (b) de plántulas de chile habanero provenientes de semillas obtenidas de frutos verdes (V0 = no almacenados; V14 = almacenados 14 días) y frutos maduros (M0 = no almacenados; M14 = almacenados 14 días). Los datos son medias. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

86

**Figura 2.** Altura (a) y diámetro de tallo (b) de plántulas de chile habanero originadas de semillas provenientes de frutos verdes (V0 = no almacenados; V14 = almacenados 14 días) y frutos maduros (M0 = no almacenados; M14 = almacenados 14 días). Los datos son medias. Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

87

**Figura 3.** Coeficiente de esbeltez (a) e Índice de calidad Dickson (b) de plántulas de chile habanero originadas de semillas provenientes de frutos verdes (V0 = no almacenados; V14 = almacenados 14 días) y maduros (M0 = no almacenados; M14 = almacenados 14 días). Literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0,05$ ).

91

**Figura 4.** Plántulas de chile habanero originadas de semillas provenientes de (a) frutos verdes sin almacenamiento (V0), (b) frutos maduros sin almacenamiento (M0), (c) frutos verdes almacenados por 14 días (V14) y (d) frutos maduros almacenados por 14 días (M14).

91

### 3. CAPÍTULO 5

**Figura 1.** Perfil electroforético de proteínas LEA´s en semillas de chile habanero

106

**Figura 2.** Altura y diámetro del tallo de plántulas de chile habanero.

107

## ÍNDICE DE CUADROS

### 1. CAPÍTULO 2

**Cuadro 1.** F-valor del contenido mineral de K, CA, Mg, Fe, P, Mn, del porcentaje de germinación (%G) y la conductividad eléctrica (EC), de semillas extraídas de frutos de chile habanero cosechados en diferentes estados de maduración, con almacenamiento postcosecha e imbibición de semillas.

34

### 2. CAPÍTULO 3

**Cuadro 1** F-valor del contenido de humedad (MC), conductividad eléctrica (EC), porcentaje de germinación (%G), porcentaje de emergencia (%E), tasa de germinación (GR), tasa de emergencia (ER), longitud radicular a los 7 (RL7) y 14 (RL14) días después de la siembra y tasa de crecimiento relativa de la longitud de raíz (RGRRL), de semillas provenientes de frutos de chile habanero cosechados en diferentes estados de maduración y almacenamiento postcosecha.

65

**Cuadro 2** Tasa de germinación (GR) y emergencia (ER) de semillas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) extraídas de frutos verdes (UR), pintos (HR) y maduros (R); sin almacenar y almacenados durante 7 y 14 días postcosecha.

69

### 3. CAPÍTULO 4

**Cuadro 1.** Biomasa seca de plántulas de chile habanero originadas de semillas provenientes de frutos verdes (V0 = no almacenados; V14 = almacenados 14 días) y maduros (M0 = no almacenados; M14 = almacenados 14 días). **84**

**Cuadro 2.** Valor de F y nivel de significancia del porcentaje de emergencia (%E), tasa de emergencia (TE), altura del vástago (AV), diámetro del tallo (DT), peso seco del vástago (PSV), peso seco de la raíz (PSR), coeficiente de esbeltez (Ce) e índice de calidad Dickson (ICD) de semillas y plántulas provenientes de frutos de chile habanero cosechados en diferentes estados de maduración y almacenamiento postcosecha obtenidos del análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ). **89**

#### 4. **CAPÍTULO 5**

**Cuadro 1.** Variables fisiológicas en semillas de chile habanero. **105**

## RESUMEN

*C. chinense* es una de las principales especies cultivadas del género *Capsicum*. Sin embargo, la calidad de sus semillas es afectada por algunos factores como la madurez del fruto al momento de la cosecha, que influyen en el almacenamiento de reservas de las semillas, la concentración de proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA's) y el estado de madurez del embrión. En este sentido, el estado de madurez del fruto y el almacenamiento postcosecha antes de la extracción de las semillas modifica la viabilidad y el vigor. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar las características fisiológicas y bioquímicas en semillas de chile habanero extraídas en diferentes grados de madurez y almacenamiento postcosecha de los frutos. Los tratamientos fueron: fruto verde sin almacenar (V), fruto verde almacenado por 7 días (V7), fruto verde almacenado por 14 días (V14), fruto con madurez intermedia (P), fruto con madurez intermedia almacenado por 7 días (P7), fruto con madurez intermedia almacenado por 14 días (P14), fruto maduro sin almacenar (M), fruto maduro almacenado por 7 días (M7) y fruto maduro almacenado por 14 días (M14). Se evaluaron los atributos fisiológicos, la composición mineral de las semillas, los atributos bioquímicos y la calidad de plántulas. El almacenamiento postcosecha del fruto incrementó la concentración y distribución de minerales (potasio, calcio, hierro, fósforo, magnesio y manganeso) durante el desarrollo del embrión y durante la imbibición de las semillas los minerales son trasladados a la radícula para potencializar la protrusión radicular, en la calidad fisiológica el almacenamiento postcosecha influyó en la viabilidad al incrementar la germinación y emergencia en todos los estados de madurez del fruto, particularmente en las semillas de frutos verdes donde mejoró el vigor, aumentó la altura, el diámetro del tallo, la biomasa y los índices de calidad de plántulas. Se observó que el almacenamiento postcosecha de frutos permitió la continuidad del desarrollo del embrión hasta alcanzar la madurez fisiológica de la semilla lo que potencializó los atributos de calidad de las semillas, como la presencia de bandas de proteínas, la concentración y distribución mineral y la viabilidad y vigor de las semillas y plántulas.

## ABSTRACT

*C. chinense* is one of the main cultivated species of the genus *Capsicum*. However, the quality of its seeds is affected by some factors such as the maturity of the fruit at harvest, which influence the storage of seed reserves, the concentration of proteins abundant in late embryogenesis (LEA's) and the state of maturity of the embryo. In this sense, the state of maturity of the fruit and the postharvest storage before the extraction of the seeds modifies the viability and vigor. Therefore, the objective was to evaluate the physiological and biochemical characteristics in habanero pepper seeds extracted at different degrees of maturity and postharvest storage of the fruits. The treatments were: green fruit without storage (V), green fruit stored for 7 days (V7), green fruit stored for 14 days (V14), half ripe (half green and half orange) (P), half ripe stored for 7 days (P7), half ripe stored for 14 days (P14), ripe without storage (M), ripe stored for 7 days (M7) and ripe stored for 14 days (M14). The physiological attributes, the mineral composition of the seeds, the biochemical attributes and the quality of the seedlings were evaluated. The postharvest storage of the fruit increased the concentration and distribution of minerals (potassium, calcium, iron, phosphorus, magnesium and manganese) during the development of the embryo and during the imbibition of the seeds, the minerals are translocated to the radicle to potentiate the root protrusion, in physiological quality, postharvest storage influenced viability by increasing germination and emergence in all stages of fruit maturity, particularly in green fruit seeds where vigor improved, increased height, stem diameter, biomass and seedling quality indices. It was observed that the postharvest storage of fruits allowed the continuity of the development of the embryo until reaching the physiological maturity of the seed, which potentiated the quality attributes of the seeds, such as the presence of protein bands, mineral concentration and distribution, and viability. and vigor of seeds and seedlings.

## 1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

### 1. Introducción

*Capsicum chinense* es importante para la Península de Yucatán: por las extensiones de siembra y el valor económico que genera, así como por la denominación de origen (Aguilar-Rincón *et al.*, 2010; DOF, 2010). Sin embargo, la falta de semillas de calidad dificulta su producción y propagación al presentar pérdida en la viabilidad y un vigor heterogéneo. Por otra parte, las semillas de calidad permiten la rentabilidad de los cultivos, al estar inmersa bajo parámetros entre los que destacan los sanitarios, físicos, fisiológicos (viabilidad y vigor) y genéticos (Doijode, 2001; Ayala-Villegas *et al.*, 2014). La calidad de las semillas es afectada por mecanismos internos como: la madurez del embrión, la concentración de nutrientes relacionados en la osmorregulación de las membranas, el balance hormonal del ácido abscísico (ABA), ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) y la concentración de proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA's), lo cual influye directamente en la viabilidad y el vigor (Argyris *et al.*, 2008; Vidigal *et al.*, 2009).

En el proceso de formación de la semilla existe una concentración de minerales durante el almacenamiento de reservas en el endospermo, que es fundamental en los diversos procesos internos, es decir, la acumulación de minerales como el potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg) y manganeso (Mn) permiten una adecuada viabilidad en las semillas y por lo tanto mejor crecimiento de las plántulas generadas por el embrión (Iwai *et al.*, 2012). Durante este proceso ocurre la movilización y acumulación de minerales en el endospermo y en regiones del embrión (DeMason, 1997), estos son consumidos por el embrión durante su crecimiento y desarrollo (Berger, 1999). Por lo general, todas las semillas almacenan electrolitos generalmente compuestos de fitina, una sal de ácido fítico y sus electrolitos (principalmente Mg, K y Ca) relacionados con la viabilidad de las semillas al participar en la síntesis de proteínas y ácido abscísico, entre otras funciones (Lott *et al.*, 1995). Así mismo, en esta etapa las semillas acumulan proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA's) que confieren protección y mantienen la estructura de la membrana celular en la tolerancia a la desecación en las semillas (Hand *et al.*, 2011).

Investigaciones sugieren que la madurez y el almacenamiento del fruto modifica los atributos físicos, fisiológicos, bioquímicos y moleculares de las semillas. En este sentido,

Dos Santos *et al.* (2016) indican que almacenar frutos previos al beneficio de las semillas permite aumentar significativamente la viabilidad en *Capsicum chinense*. Así mismo, Dos Santos *et al.* (2016) y Vidigal *et al.* (2009) observaron que el almacenamiento postcosecha de frutos incrementó la presencia de proteínas “LEA’s” y a su vez mejoró la viabilidad de las semillas en *C. annuum* y *C. chinense*.

Por lo anterior, el objetivo en este trabajo fue evaluar las características fisiológicas y bioquímicas en semillas de chile habanero extraídas de frutos con diferentes grados de madurez y almacenamiento postcosecha de los frutos.

## **1.2 ANTECEDENTES**

### **1.2.1 Formación de las semillas**

Las semillas es un óvulo maduro fecundado que durante su formación y desarrollo se pueden diferenciar dos etapas: embriogénesis zigótica y maduración. En la embriogénesis zigótica ocurre la formación del embrión y en la maduración de las semillas existe un almacenamiento de reservas y adquisición de la tolerancia a la desecación (De Smet *et al.*, 2010).

### **1.2.2 Embriogénesis cigótica**

Comienza con la fecundación del ovulo por medio de la polinización a través del tubo polínico, en angiospermas ocurre la doble fecundación en la cual primero se forma el cigoto (2n) y posteriormente el endospermo triploide (Dumas y Rogowsky, 2008).

En la embriogénesis temprana existe una mayor actividad mitótica en el embrión, en el cual se establecen los ejes basal-apical, radial y la simetría bilateral. En esta fase tiene lugar el proceso de histodiferenciación y formación del conjunto de células precursoras de los meristemos apicales (Matilla, 2008; De Smet *et al.*, 2010). En esta etapa el endospermo crece mucho más rápido debido al aumento celular ocasionado por múltiples divisiones nucleares, por lo general el endospermo es el que define el tamaño de las semillas (Friedman y

Ryderson, 2009; Ingram 2010). Los integumentos del óvulo originan la testa, cuya función es proteger al embrión de daños físicos o mecánicos (Finch-Savage y LeubnerMetzger, 2006).

### **1.2.3 Maduración de la semilla**

Tiene inicio en la embriogénesis tardía cuando ha finalizado el proceso de morfogénesis del embrión, en esta etapa se produce la síntesis y almacenamiento de sustancias de reserva, tolerancia a la desecación y se induce la dormición (Holdsworth *et al.*, 2008). Durante el almacenamiento de reservas se acumulan: minerales, carbohidratos, lípidos y proteínas que son fundamentales durante la germinación (Baud *et al.*, 2002).

La síntesis de proteínas “LEA´s” está asociada a la tolerancia a la desecación (Hincha y Thalhammer, 2012). Las proteínas LEA´s son intrínsecamente desordenadas (IDPs) en estado hidratado, el cual cambia cuando se encuentran en un estado de estrés (deshidratación o congelación) adquieren una estructura más ordenada. Son indispensables en la protección de enzimas y en la estabilización de las diferentes membranas de la célula durante la deshidratación (Hincha y Thalhammer, 2012). El proceso de maduración finaliza con la adquisición de la dormición (Holdsworth *et al.*, 2008).

### **1.2.4 Anatomía de la semilla**

En general en Chile habanero poseen una forma hemidiscoidal, en la parte más recta se encuentra el hilio con una superficie lisa (Nuez *et al.*, 2003). La semilla consta de tres partes: el embrión: que resulta de la embriogénesis cigótica al unirse un núcleo espermático con la ovocelula; el endospermo: es la unión de los dos núcleos de la célula central con el otro núcleo espermático (tejido triploide), es empleado como reservorio de nutrientes por el embrión; y la testa: formación de integumentos internos y externos que brindan protección a las semillas (Bewley *et al.*, 2013).

El embrión: por lo general contiene uno o más cotiledones. La variación en la morfología de los embriones está en función con la especie (Bewley *et al.*, 2013).

Endospermo: de acuerdo con la disposición del endospermo en su interior se clasifican como semillas endospermicas o no endospermicas. Son el reservorio de nutrientes, controla

el volumen de agua durante el proceso germinativo, además brinda energía durante la eclosión de la plántula (Bewley *et al.*, 2013).

Durante la acumulación de minerales, carbohidratos, lípidos y proteínas se reduce el contenido de humedad al sustituirse el agua por las reservas almacenadas (Bradford, 2004). Conforme hay un almacenamiento de materia seca la cantidad de agua disminuye, que es proporcional al aumento de nutrientes (Blasiak *et al.*, 2006). Los carbohidratos, lípidos y proteínas son las principales reservas almacenadas por las semillas (Taiz y Zeiger, 2010).

La concentración y distribución de minerales durante el almacenamiento de reservas en la semilla es fundamental para los procesos internos (Lombi *et al.*, 2010). Al respecto, Iwai *et al.* (2012) mencionan que la acumulación de electrolitos como K, Ca, Fe, P, Mg y Mn contribuyen a la viabilidad y el vigor en semillas y plántulas. Por otra parte, los minerales se concentran y distribuyen de acuerdo al estado de desarrollo del embrión debido a que los elementos realizan funciones desde el desarrollo del embrión, como mantener la integridad de la membrana, regular la concentración hormonal (ABA/AG<sub>3</sub>), regular la síntesis de carbohidratos y proteínas, entre otros (Smiciklas *et al.*, 1989; Xu *et al.*, 2002). Durante la imbibición los elementos son muy móviles, se translocan a diversas regiones del embrión como la radícula, con la finalidad de proveerle la energía necesaria al eje embrionario para realizar la ruptura del endospermo y la testa, para potencializar la viabilidad y el desarrollo de las plántulas (Welch, 1986; Keizer and Mullen, 1993; Xu *et al.*, 2002). Sin embargo, una deficiencia mineral durante el desarrollo embrionario ocasiona un deficiente desarrollo y semillas inviables (Izquierdo y Granados Ortiz, 2011)

En cuanto a los carbohidratos el almidón se encuentra presente principalmente en las semillas. Entre los carbohidratos almacenados están la hemicelulosa, en semillas fisiológicamente maduras se encuentran algunos oligosacáridos y azúcares. Los cuales se emplean en la respiración al inicio de la germinación (Peterbauer y Richter, 2001)

La testa: es una capa protectora del embrión contra el ambiente externo. La función protectora de la testa se debe a una cutícula externa e interna y una o más capas de células que brindan protección (Bewley *et al.*, 2013).

### **1.2.5 Proteínas LEA´s**

Las proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA´s) se acumulan en grandes cantidades, confiriendo protección ante diferentes tipos de estrés (hídrico, salino y frío). Shih *et al.* (2008) indican que estas proteínas por su alta hidrofiliidad carecen de una estructura, además de tener un elevado número de aminoácidos. Están compuestos por aminoácidos hidrofílicos (Bewley y Black, 2000; Bradford, 2004), brindan protección a proteínas y membranas del daño ocasionado por la pérdida de agua. En *Capsicum annuum* a los 40 dda se presentó ausencia de LEA´s. Sin embargo, en frutos cosechados a los 50 dda y almacenados 12 d se observó baja intensidad. A los 60 y 70 dda las proteínas LEA´s expresaron una mayor cantidad de bandas lo que sugiere que su expresión ocurre durante y después de la última etapa de formación de las semillas cuando alcanzan la madurez fisiológica (Vidigal *et al.*, 2009).

Algunas proteínas como la LEA D-11 y D-13 forman una estructura en “random coil”, conservan la estructura de proteínas y membranas cuando disminuye el agua. Otras como la D-29 forman hélices anfifílicas reteniendo iones (Hincha y Thalhammer, 2012). Durante el almacenamiento de nutrientes y maduración de las semillas ortodoxas también hay una acumulación de moléculas protectores (proteínas LEA´s) y azúcares solubles, su función es prevenir el daño ocasionado por la pérdida de agua en las semillas (Kermode, 1995).

### **1.2.6 Estado de desarrollo del fruto y calidad de semilla**

Autores como Carrillo (2009) y Vidigal *et al.* (2009) mencionan que esta intrínsecamente relacionado el estado de desarrollo del fruto con la semilla, de esta manera el desarrollo y el almacenamiento postcosecha del fruto influyen en la fisiología de estas. También, Sayed y Essam (1952) mencionan que la viabilidad de las semillas de chile está relacionada con la maduración del fruto; proceso identificado en la mayoría de las variedades como el cambio de color del fruto (Nuez *et al.*, 2003), que generalmente dependen de la variedad. En este sentido, Carrillo *et al.* (2009) indican que los frutos de *Capsicum annuum* se deben cosechar cuando cambian de color y posteriormente almacenarlos, con la finalidad de obtener la más alta viabilidad. Al respecto, Ricci *et al.* (2013) indican que cosechar frutos verdes y almacenarlos por una semana incrementa la viabilidad de semillas de jalapeño. Así mismo, Ferreira *et al.* (2010) mencionan que cosechar frutos maduros y someterlos a un

almacenamiento postcosecha por una semana se incrementa la calidad de semillas de *Capsicum chinense*.

La continuidad de la maduración del fruto de chile se debe a que son frutos semi climatéricos como lo mencionan Santamaria *et al.* (2020). Sin embargo, el proceso de maduración de los frutos varía con relación a las especies y variedades de *Capsicum* (Pham, 2017). Así mismo, Zavala y Santamaria (2012) mencionan que cosechar frutos de color verde pero fisiológicamente maduros permite continuar su proceso de maduración adecuadamente y presentar el color anaranjado característico, así mismo, someter a los frutos a un acondicionamiento postcosecha durante 14 días mejoró la protrusión radicular en las semillas.

La calidad de semillas es fundamental durante el establecimiento de un cultivo, lo cual está relacionado a factores que permiten un mejor crecimiento y desarrollo, en el cual los atributos genéticos, sanitarios, físicos y fisiológicos son considerados prioritarios (Bewley y Black, 2000). La madurez fisiológica en las semillas proporciona una mejor viabilidad y vigor. En este sentido, frutos inmaduros proporcionan semillas con una menor calidad, baja viabilidad y vigor, mientras que frutos maduros proporcionan semillas con una mayor germinación y vigor (Doijode, 2001).

### **1.3 HIPÓTESIS**

La germinación de las semillas está influenciada por la concentración endógena de proteínas LEA's, la concentración y distribución mineral, así como el estado de madurez del fruto, en este sentido, las semillas que son extraídas de frutos maduros están fisiológicamente maduras, por consiguiente, son viables y vigorosas. El almacenamiento postcosecha de frutos modifica la calidad de las semillas. Por lo tanto, el almacenamiento postcosecha de frutos inmaduros permite que las semillas alcancen su madurez y por consiguiente incrementa la presencia de proteínas LEA's y el contenido mineral, uniformiza la germinación, la emergencia y la calidad de las plántulas como una respuesta de que alcanzaron su madurez fisiológica.

### **1.4 OBJETIVOS**

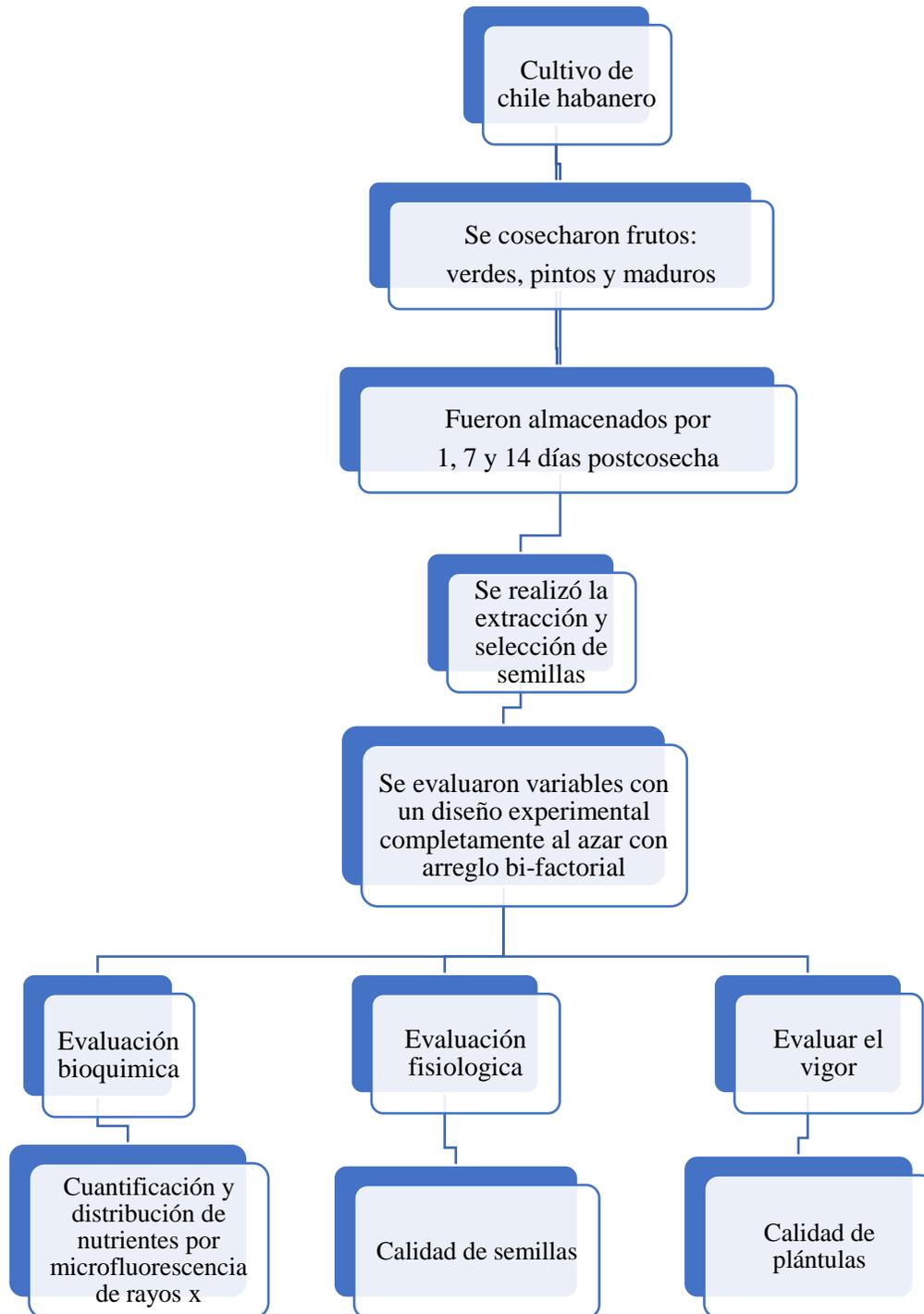
#### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar las características fisiológicas y bioquímicas de semillas de chile habanero extraídas en diferentes grados de madurez y almacenamiento postcosecha de los frutos.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Conocer la concentración y distribución mineral y su relación con la viabilidad en las semillas extraídas de frutos con diferentes grados de madurez y almacenamiento postcosecha.
2. Evaluar la viabilidad de semillas extraídas de frutos con diferentes grados de madurez y almacenamiento postcosecha.
3. Determinar el vigor y calidad de plántulas en semillas extraídas de frutos con diferentes grados de madurez y almacenamiento postcosecha.
4. Evaluar la presencia de proteínas abundantes en embriogénesis tardía (LEA's) de semillas extraídas de frutos con diferentes grados de madurez.

## 1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



**Figura 1. Flujo experimental del desarrollo de tesis**

## 1.6 Literatura citada

- Aguilar-Rincón V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalon Mendoza, y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los Chiles de México y su Distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. México. 114 p.
- Argyris J., P. Dahal, E. Hayashi, D. W. Still, and K. J. Bradford. 2008. Genetic variation for lettuce seed thermoinhibition is associated with temperature-sensitive expression of abscisic acid, gibberellin, and ethylene biosynthesis, metabolism, and response genes. *Plant Physiol* 148(2):926–947
- Ayala-Villegas M. J., O. J. Ayala-Garay, V. H. Aguilar-Rincón, y T. Corona-Torres. 2014. Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 37 (1): 79-87
- Baud S., J. P. Boutin, M. Miquel, L. Lepiniec, and C. Rochat. 2002. An intergrated overview of seed development in *Arabidopsis thaliana* ecotype Ws. *Plant Physiol. Biochem.* 40: 151-160
- Berger F. 1999. Endosperm development. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2, 28–32.
- Bewley J. D., and M. Black. 2000. *Seed Technology and its Biological Basis*. Sheffield Academic Press Ltd. Sheffield, England. 419 p.
- Bewley J. D., K. J. Bradford, W. M. H. Hilhorst, and H. Nonogaky. 2013. *Seeds physiology of development, germination and dormarcy*. Third Edition. Springer. New York, U.S.A. 392 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258513000287>
- Blasiak J.; A. Kuang; C. S. Farhangi and M. E. Musgrave. 2006. Roles of intra- fruit oxygen and carbon dioxide in controlling pepper (*Capsicum annuum* L.) seed development and storage reserve deposition. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 131(1):164-173.
- Bradford K. J. 2004. *Seed Production and Quality*. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, California, U.S.A. 134 p.
- Carrillo E., J. Mejía, A. Carballo, G. García, V. Aguilar, y T. Corona. 2009. Calidad de semilla en colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) de los valles centrales de Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México* Vol. 35 Núm.3 p. 257-266.

- De Smet I., S. Lau, U. Mayer, y G. Jürgens, 2010. Embryogenesis – the humble beginnings of plant life. *The Plant Journal* 61: 959-970.
- DeMason D. A. 1997. Endosperm structure and development. In *Cellular and Molecular Biology of Plant Seed Development*, B.A. Larkins and I.K. Vasil, eds (Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers), pp. 73–115.
- DOF Declaratoria general de protección de la denominación de origen "Chile habanero de la Península de Yucatán". (2010). México D.F. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5145315&fecha=04/06/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5145315&fecha=04/06/2010)
- Doijode S. D. 2001. *Seed Storage of Horticultural Crops*. Haworth Press. New York, USA. 339 p.
- Dos santos H. O., S. Mangussi, R. Wallace, R. M. De Oliveira Pires, E. De Resende Von Pinho, S. D. Franco Da Rosa, M. L. Moreira De Carvalho. 2015. Physiological quality of habanero pepper (*Capsicum Chinense*) sedes base don development and drying process. *African Journal of Agricultura*. Vol. 11 (12), pp. 1102-1109.
- Dumas C., y P. Rogowsky. 2008. Fertilization and early seed formation. *Comptes Rendus - Biologies* 331: 715-725.
- Ferreira L., E. Vilela de Resende, J. Oliveira, V. Ferreira, B. Oliveira, y B. Rosa. 2010. Época de colheita e secagem na qualidade de sementes de pimenta habanero yellow. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, nº 3 p. 472 – 481.
- Finch-Savage W.E., and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytol.* 171: 501-523.
- Friedman W.E., y K. C. Ryderson. 2009. Reconstructing the ancestral female gametophyte of angiosperms: insights from Amborella and other ancient lines of flowering plants. *American Journal of Botany* 96: 129-143.
- Hand S.C., Menze, M.A., Toner, M., Boswell, L. y Moore, D. 2011. LEA proteins during water stress: not just for plants anymore. *Annual Review of Physiology* 73: 115-134.
- Hincha D.K., y A. Thalhammer. 2012. LEA proteins: IDPs with versatile functions in cellular dehydration tolerance. *Biochemical Society Transactions* 40: 1000-1003.
- Holdsworth M. J., L. Bentsink, W. J. J. Soppe. 2008. Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after-ripening, dormancy and germination. *New Phytol* 179(1):33–54

- Ingram G.C. 2010. Family life at close quarters: communication and constraint in angiosperm seed development. *Protoplasma* 247: 195-214.
- Iwai T., M. Takahashi, K. Oda, Y. Terada, and K. Yoshida. 2012. Dynamic changes in the distribution of minerals in relation to phytic acid accumulation during rice seed development. *Plant physiology*. Vol. 160, pp. 2007–2014. [www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.112.206573](http://www.plantphysiol.org/cgi/doi/10.1104/pp.112.206573)
- Izquierdo J., and S. Granados-Ortiz. 2011. Producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. Manual Técnico. FAO. 98p
- Keiser J. R., and R. E. Mullen. 1993. Calcium and relative humidity effects on soybean seed nutrition and seed quality. *Crop Science* 33:1345-1349.
- Kermode A. R., Belwey J.D. 1985. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. I. Acquisition of desiccation tolerance and germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. *Journal of Experimental Botany* 36, 1906-15.
- Lombi E., E. Smith, T. H. Hansen, D. Paterson, M. De Jonge, D. L. Howard, D. P. Persson, S. Husted, C. Ryan, and J. K. Schjoerring, 2010. Megapixel imaging of (micro) nutrients in mature barley grains. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 62, No. 1, pp. 273–282. Doi:10.1093/jxb/erq270
- Lott J. N. A., J. S. Greenwood, G. D. and Batten. 1995. Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development. In *Seed Development and Germination*, J. Kigel and G. Galili, eds (New York: Marcel Dekker), pp. 215–235.
- Matilla A. J., y M. A. Matilla-Vazquez. 2008. Involvement of ethylene in seed physiology. *Plant Sci* 175(1–2):87–97
- Nuez F., R. Gil Ortega y J. Costa. 2003. *El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid-España. 586 p.
- Pham T. N. T. 2017. Ripening behaviour of capsicum (*Capsicum annuum* L.) fruits. Tesis de doctorado Universidad de Adelaide. Facultad de Ciencias. Australia
- Peterbauer T., and A. Richter. 2001. Biochemistry and physiology of raffinose family oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seeds. *Seed Science Research* 11:185-197.

- Ricci N., A. Pacheco, A. Sfordi, and C. Castilho. 2013. Quilidade de sementes de pimenta jalapenho em funcao da maturacao e tempo de permanencia nos frutos. Facultad de ciencias agrarias. Pp 123-129
- Santamaría B. F., M. Zavala, y G. E. Vázquez. 2020. Cosecha y empaque de chile habanero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 32p.
- Sayed M. S., and M. Essam. 1952. Viability of seeds harvested from fruits at different stages of maturity. Proceedings of American Society for Horticultural Science 60:327-329.
- Smiciklas K. D., R. E. Mullen, R. E. Carlson, and A. D. Knapp. 1989. Drought-induced stress effect on soybean seed calcium and quality. Crop Science 29:1519-1523
- Taiz L., and E. Zeiger. 2010. Plant Physiology. 5th Ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Vidigal D. S., D. C. F. S. Dias, E. R. V. Von Phino and L. A. S. Dias 2009. Sweet pepper seed quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage. Seed Science and Technology 37:192-201.
- Welch R. M. 1986. Effects of nutrient deficiencies on seed production and quality. In Advances in Plant Nutrition, Vol. 2, pp. 205-247. Eds P B Tinker and A Lauchli. New York: Praeger.
- Xu G., U. Kafkafi, S. Wolf, and Y. Sugimoto. 2002. Mother plant nutrition status and growing condition affect assimilates and emergence quality of hybrid sweet pepper seeds. Journal of Plant Nutrition 25:1645-1665.
- Zavala L. M. J. y F. Santamaría. 2012. Efecto de la maduración y almacenamiento postcosecha de frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) sobre la germinación. pp: 539-540.

## 2. CAPITULO 2. KINETICS OF ELECTROLYTES DURING GERMINATION OF HABANERO PEPPER SEEDS IN RESPONSE TO IMBIBITION

### Abstract

The aim of the research was to evaluate the concentration and distribution of electrolytes in response to the imbibition of habanero pepper seeds extracted from fruits with different stages of maturity and postharvest storage times. Fruits were harvested at 28 (unripe), 35 (half-ripe) and 40 days (fully ripe) post anthesis (dpa), which were subjected to storage for 7 and 14 days postharvest prior to seed extraction. As a control treatment, the seeds were extracted from the fruits harvested in the three stages of maturity without prior storage. An X-ray microfluorescence analysis was carried out on seeds pre- and post-imbibition, as well as on seedlings at 10 and 14 days after sowing (das). Germination and electrical conductivity were evaluated. K, Ca, Fe, P, Mg and Mn were detected by elemental analysis. The results indicated that the elements had a higher concentration and distribution in seeds extracted from half-ripe fruits and fully-ripe unstored fruits, as well as in seeds extracted from fruits stored for 7 and 14 days postharvest. K and Ca were the elements with the highest distributions and concentrations in seeds pre- and post-imbibition and in seedlings compared to the other minerals. In all maturity stages, postharvest storage increased the concentration and distribution of electrolytes in seeds and seedlings, both before and after imbibition. Storage translocated minerals to the radicle before germination, increased meristem growth in emerged seedlings, decreased electrical conductivity, and increased germination and seedling emergence. Fourteen days of postharvest storage increased the elemental distribution in immature seeds, decreasing electrical conductivity, potentiating germination and improving mineral distribution in seedlings.

**Keywords:** X-ray microfluorescence, minerals, seeds, aleurone, *Capsicum chinense*

Correos: Autor principal: [davi\\_GT500@hotmail.com](mailto:davi_GT500@hotmail.com)

Correspondencia: [renegh10@hotmail.com](mailto:renegh10@hotmail.com)

### 3. CAPÍTULO 3. ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS: ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CHILE HABANERO

#### POSTHARVEST STORAGE OF FRUITS: ALTERNATIVE TO IMPROVE PHYSIOLOGICAL QUALITY IN HABANERO PEPPER SEEDS

\*ARTICULO PUBLICADO EN BIOCENCIAS 7, e796 (2020) (7) doi:

<https://doi.org/10.15741/revbio.07.e796>

#### RESUMEN

Uno de los principales problemas del chile habanero (*Capsicum chinense*) es la heterogeneidad en la germinación, esto podría deberse a semillas de baja calidad, inmaduras fisiológicamente al momento de ser extraídas del fruto. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del almacenamiento postcosecha de frutos sobre la germinación de semillas obtenidas en diferentes estados de maduración. Se cosecharon frutos verdes (UR), pintos (HR) y maduros (R), que se almacenaron durante 7 y 14 días antes de extraerles las semillas, el testigo no se almacenó. Se evaluó porcentaje (%G) y tasa de germinación (GR), porcentaje (%E) y tasa de emergencia (ER), conductividad eléctrica (EC), longitud radicular (RL) y tasa de crecimiento relativo de radícula (RGRRL). El almacenamiento postcosecha de los frutos durante 14 días incrementó el porcentaje de germinación (R14 = 98, HR14 = 94 y UR14 = 91 %), la emergencia (R14 = 98, HR14 = 88 y UR14 = 94 %) y la tasa de germinación (R14 = 19.22, HR14 = 20.08 y UR14 = 17.59 germinadas/día). La tasa de emergencia más alta fue en R14 y UR14 (13.93 y 12.67 plántulas/día, respectivamente). A los 7 días después de la siembra las raíces de R14 (3.8 cm) fueron las más largas. El almacenamiento de frutos durante 14 días disminuyó la EC de la solución donde se embebieron las semillas (UR14 = 0.6, HR14 = 0.6 y R14 = 0.6  $\mu\text{S mL}^{-1}$ ). Cosechar frutos inmaduros (verdes o pintos) y almacenarlos durante 14 días mejoró los atributos fisiológicos de las semillas de chile habanero.

**Palabras clave:** *Capsicum chinense*, calidad fisiológica, conductividad eléctrica, emergencia de plántulas, germinación

**Autores:**

Principal: Hernández-Pinto Carlos David: [davi\\_GT500@hotmail.com](mailto:davi_GT500@hotmail.com)

\*Garruña Hernández Rene: [renegh10@hotmail.com](mailto:renegh10@hotmail.com)

Andueza-Noh Rubén

Hernández-Núñez Emanuel

Zavala-León Manuel de Jesús

Pérez-Gutiérrez Alfonzo

#### 4. CAPÍTULO 4. INCREMENTO DEL VIGOR DE SEMILLAS Y CALIDAD DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO UTILIZANDO ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA DE FRUTOS

##### Increase in seed vigor and quality of habanero pepper seedlings using postharvest storage of fruits

###### Resumen

La producción de plántulas de *Capsicum chinense* es afectada por factores, como la escasez de semillas de buena calidad que afecta el crecimiento, desarrollo y la calidad de las plántulas. El objetivo fue evaluar el vigor y la calidad de plántulas de chile habanero provenientes de semillas extraídas de frutos con almacenamiento postcosecha. Se cosecharon frutos verdes (V) y maduros (M), se almacenaron por 14 días y posteriormente se extrajeron las semillas, el testigo no se almacenó. Se evaluó el crecimiento y calidad de plántulas. Los resultados mostraron que el almacenamiento postcosecha de frutos incrementó el porcentaje (V14 = 96 y M14 = 96%) y la tasa de emergencia (V14 = 13,11 y M14 = 11,08 emergidas día<sup>-1</sup>), incrementó la altura, el grosor del tallo y la biomasa seca de las plántulas. El almacenamiento postcosecha durante 14 días mejoró la calidad fisiológica de plántulas provenientes de semillas de frutos verdes.

**Palabras clave:** calidad de plántulas, emergencia, germinación.

**Artículo sometido a la revista Acta Agrícola y Pecuaria**

###### Autores:

Principal: Hernández-Pinto Carlos David: [davi\\_GT500@hotmail.com](mailto:davi_GT500@hotmail.com)

\*Garruña Hernández Rene: [renegh10@hotmail.com](mailto:renegh10@hotmail.com)

Andueza-Noh Rubén

Alvarado-López Carlos

Zamora Bustillos Roberto

Hernández-Núñez Emanuel

## 5. GERMINACIÓN Y PROTEÍNAS LEA 'S EN SEMILLAS DE CHILE HABANERO CON DIFERENTES GRADOS DE MADUREZ

Publicado en el libro: **Experiencias para lograr la soberanía alimentaria y  
sustentabilidad, capítulo 11, vol. 1**

### Resumen

El chile habanero es una de las hortalizas más importantes en México por su pungencia. Sin embargo, uno de sus principales problemas es la heterogeneidad en la viabilidad de sus semillas, atribuido a factores como la presencia de proteínas que modifican su viabilidad y vigor. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la madurez del fruto sobre caracteres moleculares y fisiológicos en semillas de chile habanero. Se estableció una parcela de chile habanero y se cosecharon frutos verdes, pintos y maduros. El diseño experimental fue completamente al azar. Se realizó la extracción y perfil electroforético de proteínas y se evaluó el porcentaje y tasa de germinación, porcentaje y tasa de emergencia, la altura y el diámetro del tallo. Las semillas de frutos pintos y maduros presentaron un mayor perfil electroforético de proteínas, así como una mayor germinación (89 y 94%, respectivamente) y emergencia (83 y 88%, respectivamente), también obtuvieron una mayor altura (5.4 y 4.8 cm respectivamente) y diámetro del tallo (2.15 y 1.8 mm respectivamente). El estado de madurez del fruto influyó en el desarrollo y madurez de las semillas.

**Palabras clave:** *Capsicum chinense*, proteínas, viabilidad

### Autores:

Principal: Hernández-Pinto Carlos David: [davi\\_GT500@hotmail.com](mailto:davi_GT500@hotmail.com)

\*Garraña Hernández Rene: [renegh10@hotmail.com](mailto:renegh10@hotmail.com)

Andueza-Noh Rubén

Alvarado-López Carlos

Hernández-Núñez Emanuel