



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



PRIMING PARA INCREMENTAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA
DE CHILE ANCHO

Por:

Silvia Stephanie Palafox Escobedo

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Soledad de Graciano Sánchez. S.L.P.

Diciembre 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



PRIMING PARA INCREMENTAR LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA
DE CHILE ANCHO

Por:

Silvia Stephanie Palafox Escobedo

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Asesor: Dr. José Marín Sánchez

Asesor: Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo

Asesor: Dr. Jorge Alberto Flores Cano

Soledad de Graciano Sánchez. S.L.P. a los 20 días del mes de Noviembre de 2012.

El trabajo titulado **Priming para incrementar la calidad fisiológica de la semilla de chile poblano**, fue realizado por **Silvia Stephanie Palafox Escobedo** como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. José Marín Sánchez

Asesor

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo

Asesor

Dr. Jorge Alberto Flores Cano

Asesor

Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., a los 20 días del mes de
Noviembre de 2012

DEDICATORIA

Con cariño para mis padres: **Enrique Palafox González y Silvia Escobedo Leija**, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mis hermanos: **Enrique Palafox Escobedo y Karen Margarita Palafox Escobedo**, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.

A mi hija: **Victoria Isabel Rodríguez Palafox**, que fue mi motor para seguir adelante y todo lo que hago es para ti y que esto sea un ejemplo en tu vida de superación.

A mi novio: **José Manuel Rodríguez Colunga**, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por permitirme seguir con vida y agradeciendo el camino guiado para ser una persona de bien y poder salir adelante.

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en especial a la Facultad de Agronomía por permitirme realizar mis estudios.

Se agradece el apoyo financiero otorgado por el **PROMEP** (clave del proyecto: **PROMEP/103.5/11/3671**), denominado apoyo a la incorporación de NPTC.

A mis maestros:

Por su paciencia y apoyo para mi formación profesional.

A mis amigos:

Por el apoyo brindado durante las clases cuando surgía alguna duda.

A mis asesores:

Dr. José Marín Sánchez, Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo y al Dr. Jorge Alberto Flores Cano por su apoyo en cada momento y por darme la oportunidad de realizar mi tesis y su asesoría.

A mis compañeros de Veterinaria.

A todos muchas gracias por su colaboración.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE CUADRO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
SUMMARY.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Semilla.....	4
Concepto.....	4
Germinación.....	6
Activación del metabolismo.....	6
Incremento de la respiración.....	6
Degradación de tejidos de reserva y asimilación.....	7
Crecimiento del embrión.....	7
Imbibición.....	7
Elongación de células y emergencia de la radícula.....	8
Condiciones Para La Germinación.....	8
Factores Que Afectan La Germinación.....	9
Agua.....	9
Gases.....	9
Temperatura.....	10
Luz.....	10
Aspectos Bioquímicos de Las Semillas Viables.....	10
Acumulación de reservas.....	10

Biomoléculas Relacionadas con la Composición y Función de las Membranas	
Celulares.....	11
Lípidos.....	11
Funciones de los lípidos.....	11
Ácidos grasos.....	12
Lípidos estructurales de las membranas.....	12
Lípidos de almacenamiento.....	13
Deterioro de las semillas.....	14
Alteraciones en membranas.....	15
Cambios en la respiración.....	17
Calidad fisiológica de semillas.....	17
Prueba de germinación estándar.....	17
Porcentaje de germinación.....	18
Plántulas normales.....	18
Plántulas anormales.....	19
Semillas muertas.....	19
Semillas duras.....	19
Semillas latentes.....	20
Determinación de viabilidad.....	20
Vigor.....	22
Factores.....	22
Pruebas para evaluar vigor.....	24
Priming.....	24
Concepto.....	24
Semillas acondicionadas.....	25
Productos acondicionantes.....	26
Factores que afectan el acondicionamiento de semillas.....	26
Duración del proceso de acondicionamiento.....	26
Temperatura.....	27
Aireación.....	27
Luz.....	27

Potencial osmótico.....	28
Calidad de la semilla.....	28
Manejo post-acondicionamiento.....	28
Deshidratación después del acondicionamiento.....	29
Almacenamiento de la semilla.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
Ubicación del Sitio Experimental.....	31
Material Biológico.....	31
Material de laboratorio.....	31
Reactivos.....	31
Acondicionamiento osmótico.....	31
Prueba de germinación.....	33
Variables evaluadas.....	33
Porcentaje de germinación.....	33
Porcentaje de plántulas anormales (PPAN).....	34
Tiempo en alcanzar el 50% de germinación (G50).....	34
Peso seco en por plántula (PSP).....	34
Porcentaje de semillas latentes (PSL).....	34
Porcentaje de semillas muertas (PSM).....	34
Pruebas con tetrazolio.....	34
Análisis Estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIONES.....	42
LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Condiciones requeridas para los ensayos de germinación de varias especies.....	18
2	Cuadrados medios de las variables evaluadas en la prueba de calidad fisiológica en semilla criolla de chile ancho posterior al priming.....	37
3	Efecto promedio de los tratamientos de priming sobre la calidad fisiológica de semilla de chile ancho.....	38
4	Efecto promedio de los tratamientos de primen sobre la calidad fisiológica de semilla de chile ancho.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura de la semilla de chile.....	5
2	Preparación de soluciones.....	32
3	Oxigenación de las semillas.....	33
4	Prueba de germinación.....	33
5	Prueba de tetrazolio.....	35

RESUMEN

El acondicionamiento osmótico de semilla, conocido también como priming, es considerado una técnica promisorio para mejorar la germinación porque promueve un rápido establecimiento de plántulas. Los objetivos del trabajo consistieron en incrementar la calidad fisiológica de la semilla de chile (*Capsicum annum* L.) así como determinar los potenciales osmóticos y duración del priming con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y KNO_3 que permitan incrementar la calidad fisiológica de la semilla de *Capsicum annum*. El diseño experimental utilizado para la investigación fue completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones. De acuerdo con el análisis estadístico se determinó que el tratamiento que obtuvo los resultados más altos de germinación fue el ácido Giberelico 160 ppm a las 24 horas con 89.3, para el índice de velocidad de emergencia fue el ácido giberelico 160 ppm con 24 horas con 8.3, tomando en cuenta que son las variables más importantes.

SUMMARY

The osmotic conditioning seed, also known as priming is considered a promising technique to improve germination because it promotes rapid seedling establishment. The objectives of the research were to increase seed physiological quality of pepper (*Capsicum annum* L.) and to determine the osmotic potential and duration of priming with Ca (NO₃)₂ and KNO₃ which increase the physiological quality of the seed of *Capsicum annum*. The experimental design for the study was completely randomized with 3 treatments and 3 replications. According to the statistical analysis it was determined that the treatment results obtained highest germination was 160 ppm gibberellic acid at 24 hours with 89.3 for the index emergency speed was 160 ppm gibberellic acid 24 hours with 8.3 taking into account that are the most important variables.

INTRODUCCIÓN

Las semillas de hortalizas son de alto valor, inclusive algunas costando cerca de un dólar por unidad. Ese valor reside en su calidad genética, fisiológica, genética, sanitaria y mecanismos para aumentar su desempeño, como el priming y coating. De esa manera, las empresas para mantener por más tiempo las semillas con alta calidad, aumentan su potencial de almacenamiento, tres o más años, reduciendo la humedad de las semillas en valores inferiores al 7 % (Mora *et al.*, 2004).

Uno de los objetivos de la industria semillera es ofrecer al productor la máxima calidad genética, física, fisiológica y sanitaria posible (Mora, 2004; Márquez, 1990), los tres últimos atributos están influenciados por el ambiente de producción y las condiciones ambientales prevalecientes al momento de la cosecha y almacenamiento. Aunado a lo anterior, debemos considerar que el periodo que transcurre desde la siembra hasta el establecimiento del cultivo constituye una fase crítica en hortalizas por que la falta de uniformidad e irregularidad de la emergencia puede afectar negativamente las fases posteriores de desarrollo del cultivo, así como la calidad y rendimiento. La calidad fisiológica de la semilla, medida a través de la viabilidad, germinación y vigor, es un factor determinante en la producción (Thakur *et al.*, 1997).

La semilla con óptima calidad, debe germinar rápida y uniformemente bajo diferentes condiciones ambientales; de no ser así, se deben utilizar técnicas que mejoren tales características, como el priming que consiste en someter la semilla a un proceso de hidratación en una solución osmótica para activar su metabolismo, sin que ocurra la protusión de la radícula (Parera y Cantlinffe, 1994; Mora *et al.*, 2004).

El resultado del priming es afectado por una compleja interacción de factores tales como la especie, agente osmoacondicionante, potencial de la solución osmótica, vigor de la semilla y condiciones de secado y almacenamiento después del tratamiento (Parera y Cantlinffe, 1994). Diversos productos químicos han sido utilizados para el acondicionamiento osmótico de semilla, como sales inorgánicas ($K_3 PO_4$, $KH_2 PO_4$, $MgSO_4$, $NaCl$, KNO_3 , KCl , $Na_2 SO_4$), componentes orgánicos de bajo peso molecular (manitol, sorbitol, glicerol, sacarosa) y polietileno glicol (Smith y Coob, 1991; Parera y Cantlinffe 1994; Mora *et al.*, 2004).

El cultivo de chile es una de las hortalizas más importantes en nuestro país; así para el ciclo 2011, las estadísticas indican una superficie plantada de 18, 470 has de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) a nivel nacional, de las cuales 8,398 has fueron establecidas en el estado de San Luis Potosí, es decir un 45.46 % de la producción total. El rendimiento promedio nacional de chile ancho deshidratado o seco es de 1.5 ton.ha⁻¹ y de 1.81 ton.ha⁻¹ en San Luis Potosí (SAGARPA, 2012).

Los bajos rendimientos de chile ancho deshidratado que se obtienen en la región del Altiplano de México (Zacatecas, San Luis Potosí, Durango y Aguascalientes) es debido en buena medida al alto uso de semilla no mejorada o criolla del productor (se estima que más de un 80% de la semilla utilizada es criolla). Por lo cual, la densidad de siembra en almácigo es de 400 gr de semilla en 10 m², requiriéndose 30 m² para una hectárea, es decir, se siembra 1.2 kg de semilla para garantizar la producción de las plántulas requeridas (30, 000) para establecer una hectárea; ya que la calidad fisiológica de ésta no es la adecuada y los porcentajes de germinación son muy bajos (SAGARPA, 2012).

Dada la importancia que tiene el cultivo de chile (*Capsicum annum* L.) en México, es necesario implementar la técnica del priming en la semilla para generar información que permita solucionar los problemas existentes durante el establecimiento del cultivo, como es la reducción de la germinación, emergencia heterogénea de plántulas y, por lo tanto, desuniformidad en el establecimiento del cultivo, como consecuencia del efecto de factores ambientales, biológicos y características del suelo. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue incrementar la calidad fisiológica de semilla de *Capsicum annuum* L, mediante la aplicación exógena de ácido giberelico y priming con KNO₃ y CaNO₃, con diferentes potenciales osmóticos

Objetivos

- 1.- Incrementar la calidad fisiológica de la semilla de chile (*Capsicum annum* L.).
- 2.- Determinar los potenciales osmóticos y duración del priming con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y KNO_3 , así como concentración de ácido giberelico que permitan incrementar la calidad fisiológica de la semilla de *Capsicum annum* L.

Hipótesis

- 1.- El priming y la aplicación ácido giberelico incrementa la calidad fisiológica de la semilla de chile (*Capsicum annum* L.).
- 2.- El KNO_3 como solución osmótica en el priming, genera la mejor calidad fisiológica de la semilla de chile (*Capsicum annum* L.).

REVISION DE LITERATURA

El priming se ha reportado como un método eficaz para mejorar la calidad fisiológica de la semilla, ya que mejora la uniformidad e incrementa el porcentaje de germinación. El método consiste en inmersión de la semilla en una solución osmótica de concentración determinada por un periodo dado; hidratada la semilla, se activa su metabolismo en forma controlada, de tal manera que la germinación no ocurre (Bradford *et al.*, 1990). El grado de hidratación de la semilla se controla por medio del equilibrio osmótico que se presenta entre el potencial hídrico de la solución y el potencial interno de la semilla (Akers y Kevin, 1986), en esta condición, la semilla se mantienen en estado germinativo avanzado durante el periodo de priming. Como resultado, la semillas con germinación “lenta” tienden a alcanzar a las “rápidas”; por lo cual, cuando las semillas así tratadas se siembran, germinan con mayor rapidez y uniformidad que las no tratadas. Este efecto es mas evidente cuando se presentan condiciones adversas, como pueden ser las ambientales o las de contenido de humedad en el suelo (Bradford, 1986).

El Polietilen glicol es un agente de priming muy eficaz por ser inerte y no penetrar al embrión, debido a su alto peso molecular (Bradford, 1986; Welbaum *et al.*, 1998). Mucho se ha utilizado este producto con resultados favorables en *Physalis ixocarpa* Brot. (Cavallero *et al.*, 1994; Ôzbigol, 1998), *Daucus carota* L. (Globerson y Feder, 1987; Yanmaz, 1994) y *Lactuca sativa* L., (Tarquis y Bradford, 1992), entre otros. Sin embargo, también se han obtenido resultados negativos en varios cultivos, entre ellos *Apium graveolens* L., *Allium porrum* L., y *Allium cepa* L. (Brocklenhurst *et al.*, 1987).

Semilla

Concepto

La semilla, medio de reproducción sexual de las espermatofitas, gimnospermas y angiospermas, se define en un sentido botánico estricto, como un ovulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal. La semilla es la unidad de dispersión de las espermatofitas, es decir, el conjunto de tejidos que integran los

propágalos sexuales de esta planta y que incluyen además de los tejidos derivados del ovulo, otros como el pericarpio, perianto y brácteas, que protegen a los primeros, y que ayudan tanto a diseminar los propágulos en el ambiente, como a controlar el crecimiento de los meristemas (Flores, 2004).

Una semilla usualmente consta de un embrión, tejidos nutritivos y cubiertas. La forma, el tamaño, la textura, la consistencia y el color de esas partes son variables según las especies, variedades, y aun entre lotes de semillas de la misma especie y variedad. El embrión es la parte de la semilla que da origen al nuevo vegetal. En las semillas maduras de algunas plantas el embrión es rudimentario, es decir, pequeño y poco diferenciado, mientras que en otras constituye la mayor parte de la semilla y posee una morfología bien definida. En este último caso, el eje embrionario un tejido de forma alargada como un meristemo en cada punta, y según la especie, presenta una o más hojas modificadas llamadas cotiledones (Flores, 2004).

El extremo del embrión que da origen al tallo de la planta y que tiene el meristemo cubierto con primordios de hojas se conoce como epicotilo o plúmula; mientras que la parte del embrión que esta entre la unión de los cotiledones con el eje y el meristemo que da origen a la raíz de la radícula se llama hipocotilo (Flores, 2004).

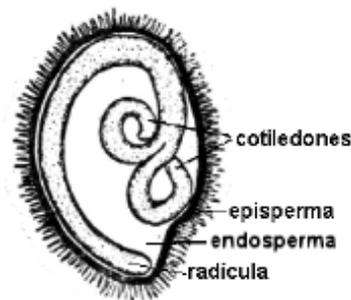


Figura 1. Estructuras de la semilla de Chile

Germinación

El proceso de germinación comprende las etapas de activación del metabolismo, incremento de la respiración, degradación de tejidos de reserva y asimilación, crecimiento del embrión, imbibición, elongación de células y emergencia de la radícula (López, 2005).

Activación del metabolismo

Entre los eventos que ocurren en la activación del metabolismo están los siguientes: (López, 2005)

- se cumplen los requerimientos del control endógeno.
- Remoción o degradación del ácido abscísico (ABA) que inhibe el metabolismo.
- Activación de enzimas y hormonas del crecimiento (giberelinas, auxinas y citoquininas).
- Incremento de la respiración (se libera energía metabólica).
- Degradación de tejidos de reserva (digestión).
- Traslocación de compuestos simples al embrión (asimilación).
- De represión de genes que permite la síntesis de compuestos para la formación de nuevas células.
- Crecimiento y diferenciación de tejidos embrionarios.

Incremento de la respiración

El embrión permanece en un estado de bajo metabolismo durante su estado de reposo. El romperse los tegumentos se posibilita la entrada de oxígeno y con ello se inicia la respiración aerobia (el requerimiento de oxígeno para que ocurra la respiración aerobia varía en cada especie, en la mayoría de ellas es del 20% o más).

Por medio de la respiración se libera energía metabólica a partir de degradación de azúcares por glicolisis, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa. La energía liberada en forma de ATP, puede ser utilizada en múltiples eventos metabólicos durante la germinación (López, 2005).

Degradación de tejidos de reserva y asimilación

El ácido giberélico del embrión actúa sobre la capa de aleurona donde se activa la enzima amilasa que inicia la degradación de sustancias de reserva contenidas en el endospermo, perispermo y cotiledones. De la digestión de tejidos de reserva son liberados diversos compuestos para ser reutilizados en múltiples procesos de síntesis. Moléculas complejas como son: celulosas, emicelulosas, almidones, amilopectinas, lípidos, ligninas, proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas y hormonas, son degradadas a moléculas simples por enzimas específicas (López, 2005)

Asimilación por el embrión.

- Incorporación de moléculas simples solubilizada.
- Síntesis de nuevos compuestos.

Crecimiento del embrión

El aumento de tamaño del embrión se da por formación de nuevas células y maduración, que básicamente consiste en elongación y diferenciación celular en tejidos especializados y órganos para formar una nueva planta (López, 2005)

- Formación de nuevas células.
- Elongación celular.

Imbibición

La imbibición en las semillas es un proceso fisiológico que inicia con la absorción de agua ocasionando un hinchamiento de estas, aumentando su peso y volumen. Inicialmente este proceso físico (absorción de agua) no depende de la temperatura; sin embargo, una vez que los tejidos embrionarios han sido hidratados, la absorción de agua pasa a ser un proceso fisicoquímico regulado por la temperatura. La imbibición cesa cuando el incremento del peso llega de un 40 % a un 60 % con respecto al peso inicial. La magnitud de la imbibición está determinada por la composición química de las semillas, permeabilidad de las coberturas y disponibilidad de agua en el medio (López, 2005).

Elongación de células y emergencia de la radícula

La conformación del sistema radicular de una planta depende en primer lugar de su constitución genética. En condiciones favorables, una planta puede desarrollar su sistema radicular característico; sin embargo, si el medio le es adverso, este sufrirá sensibles alteraciones en la distribución de las mismas. El conocimiento de la configuración típica, durante el desenvolvimiento del sistema radicular de una planta, permitirá evaluar en condiciones de campo, la influencia ejercida por las características físicas y químicas de los suelos, así como de los otros factores en la penetración y distribución de las raíces. La aplicación racional de las técnicas culturales, dependen fundamentalmente del conocimiento del desarrollo y distribución radicular del cultivo, así como también de los factores que lo influyen (López, 2005).

Condiciones para la Germinación

La semilla debe ser viable y libre de dormancia, además las condiciones ambientales deben ser favorables: (agua, temperatura, oxígeno y luz); así como presentarse condiciones de sanidad satisfactorias (ausencia de agentes patógenos). Generalmente durante la maduración, el crecimiento del embrión se suspende y continúa detenido durante el proceso de dispersión de las semillas, ya sea por falta de condiciones ambientales adecuadas para su reanudación o por un mecanismo fisiológico que lo impide (Camacho, 1994). Para que la germinación pueda ocurrir, es necesario que se den algunos factores externos como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula. Sin embargo, las semillas de muchas especies permanecen en estado de latencia y no son capaces de germinar, incluso cuando se encuentran en condiciones consideradas favorables (Azcon *et al.*, 1996).

La salida del estado de latencia requiere, en determinados casos, algunos estímulos ambientales después de la maduración. En otros casos, las gruesas cubiertas de las semillas constituyen una barrera impermeable al agua y a los gases o ejercen una resistencia física a la expansión del embrión, que impide la germinación. (Bewley y Black, 1994).

Factores que Afectan la Germinación

Agua

La absorción de agua es el primer paso, y el más importante, que tiene lugar durante la germinación; para que la semilla recupere su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos (Camacho, 1994).

La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que lo rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico (Camacho, 1994).

Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada del oxígeno al embrión (Camacho, 1994).

Gases

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 . De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmosfera normal con 21 % de O_2 y un 0.03% de CO_2 . Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de O_2 por debajo del 20%. Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capaz de mucilago, macroesclereidas, etc., pueden obstaculizar la germinación de la semilla por lo que reducen la difusión del O_2 desde el exterior hacia el embrión. Además, hay que tener en cuenta que, la cantidad de O_2 que llega al embrión disminuye a medida que aumenta disponibilidad de agua en la semilla (Camacho, 1994).

A lo anterior hay que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del O₂ en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura (Camacho, 1994).

Temperatura

La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas solo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar aunque las demás condiciones sean favorables (Copeland, 1976).

La temperatura mínima es aquella por debajo de la cual la germinación no se produce, y la máxima aquella por encima de la cual se anula el proceso. La temperatura óptima, intermedia entre ambas, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible (Copeland, 1976).

Luz

Las semillas de las plantas cultivadas germinan generalmente tanto en luz como en la oscuridad. La exigencia de la luz para germinar en determinadas especies está relacionada con un tipo de dormancia. La luz puede inducir o liberar latencias, que es un mecanismo que permite la adaptación de las plantas a diferentes nichos ecológicos. Generalmente actúa en interacción con la temperatura y su acción puede ser ejercida por la calidad o fotoperiodo (Copeland, 1976).

Aspectos Bioquímicos de las Semillas Viables

Acumulación de reservas

Durante el desarrollo de las semillas, el endospermo suele crecer con más rapidez que el embrión después de la fecundación. Este acumula compuestos de reserva de

alimentos y en su máximo desarrollo es rico en carbohidratos, grasas y proteínas y hormonas de crecimiento. En algunas especies, el endospermo sigue siendo evidente y continúa ocupado más espacio en las semillas que el embrión, aun en las semillas maduras. En otras, el embrión va absorbiendo las reservas nutritivas del endospermo durante las últimas fases del desarrollo, hasta que el endospermo desaparece cuando la semilla es madura (Ohto *et al.*, 2007).

Biomoléculas Relacionadas con la Composición y Función de las Membranas Celulares

Lípidos

Probablemente los lípidos más conocidos son los ácidos grasos que contienen fosfolípidos y glicolípidos que juegan importantes roles en la organización y función en todas las membranas celulares. Los lípidos también son una de las fuentes más comunes de energía de almacenamiento en plantas y son particularmente abundantes en semillas (Murphy, 2001).

Los lípidos de almacenamiento son una forma conveniente de energía, se encuentran en la mayoría de los organismos, son relativamente compactos y tienen un valor calorífico mucho más alto que las proteínas y los carbohidratos. Posiblemente todas las semillas contienen algunos lípidos de almacenamiento. Los lípidos almacenados son movilizados por las lipasas, las cuales llevan los ácidos grasos de todas las tres posiciones de la molécula de triacilglicerol. Las lipasas no están presentes en la mayoría de las semillas secas y probablemente son sintetizadas de novo, en los primeros días después de la germinación (Murphy, 2001).

Funciones de los lípidos

De acuerdo con Melo y Cuamatzi (2008), las principales funciones biológicas de los lípidos son servir como:

- a) Componentes de la membrana, una parte importante de los lípidos celulares se emplean para formar membranas lipídicas, los tabiques que se dividen los compartimentos y unas paredes pasivas, las cuales son selectivas al paso de

determinadas sustancias. Las lipoproteínas sirven para entrecruzar la membrana exterior y las capas de péptido glucano.

- b) Una forma fundamental de almacenamiento de carbono y energía.
- c) Precursores de otras sustancias importantes.
- d) Aislantes que previenen choques térmicos, eléctricos y físicos.
- e) Recubrimientos protectores que evitan infecciones y pérdidas o entradas excesivas de agua.

Vitaminas y hormonas en algunos casos transporte de ácidos grasos

Ácidos grasos

Un ácido graso es un ácido carboxílico alifático de cadena larga. Es raro encontrarlos libres en la naturaleza ya que mas bien se hallan en forma esterificada como componentes mayoritarios de los diferentes lípidos. Se han identificado más de 100 ácidos grasos diferentes en los lípidos de los microorganismos, plantas y animales. Estos ácidos grasos orgánicos que poseen de 4 a 24 átomos de carbono, tienen un solo grupo carboxilo y una cola prolongada no polar. En las plantas superiores y en los animales, los ácidos grasos predominantes son los de las especies de C_{16} y C_{18} : palmítico, oleico, linoleico y esteárico. Los ácidos grasos con menos de 14 o más de 20 átomos de carbono son raros (Murphy, 2001; Melo y Cuamatzi, 2008).

Los ácidos grasos frecuentemente son descritos en la literatura por medio de nombres triviales tales como ácidos oleico, palmítico o esteárico, recientemente se ha establecido una forma de describir diferentes ácidos grasos por medio de una nomenclatura sistemática en términos de la longitud de su cadena carbonada y el número y localización de dobles ligaduras en dicha cadena (Murphy, 2001).

Lípidos estructurales de las membranas

La característica arquitectónica central de las membranas biológicas es una doble capa lipídica que constituye una barrera al paso de las moléculas polares y de iones. Los lípidos de las membranas son anfipáticos; un extremo de la molécula es hidrofóbico y el otro hidrofílico. Las interacciones hidrofóbicas entre ellos y las hidrofílicas con el agua,

dirigen su empaquetamiento hacia la formación de láminas llamadas bicapas membranosas. Nelson y Cox (2006) describen cinco tipos de lípidos de membrana:

Glicerofosfolípidos: También llamados fosfogliceridos, son lípidos de membrana en los que las regiones hidrofóbicas están compuestas por dos ácidos grasos unidos al glicerol y un grupo de cabeza muy polar unido por un enlace fosfodiéster al tercer carbono. Los glicerofosfolípidos, como derivados del ácido fosfatídico.

Galactolípidos y sulfolípidos: Es el segundo grupo de lípidos de membrana y son los que predominan en las células vegetales. Los residuos de galactosa están unidos por un enlace glucosídico con el tercer carbono de un 1,2 diacilglicerol. Los galactolípidos están localizados en las membranas tilacoides (membranas internas) de los cloroplastos; constituyen del 70-80 % de los lípidos totales de membranas en plantas vasculares. Son probablemente, los lípidos de membrana más abundantes en la biosfera y carece del fosfato característico de los fosfolípidos.

Fosfolípidos: Lípidos en los que las cadenas alquílicas muy largas están unidas mediante enlace éter al glicerol a ambos extremos. Los fosfolípidos se degradan en los lisosomas.

Esfingolípidos: Son derivados de la esfingosina, también tiene una cabeza polar y dos colas apolares; a diferencia de los glicerofosfolípidos, estos están compuestos por una molécula amino-alcohol de cadena larga esfingosina o uno de los derivados.

Esteroles: Son lípidos estructurales que se hallan presentes en la mayoría de las células eucariotas. Son compuestos que se caracterizan por tener un sistema rígido de cuatro anillos hidrocarbonados fusionados. El colesterol, es el principal esteroide en células animales; el estigmasterol se encuentra en plantas (Nelson y Cox, 2006).

Lípidos de almacenamiento

Las grasas y los aceites, utilizados casi universalmente como formas de almacenamiento en frutos y semillas de las plantas y en los tejidos de los animales, son compuestos derivados de los ácidos grasos. Los ácidos grasos son derivados hidrocarbonados con un nivel de oxidación bajo. Nelson y Cox (2006) mencionan que los ácidos grasos de almacenamiento son:

Triacilgliceroles: Son los lípidos más sencillos obtenidos a partir de los ácidos grasos. Los triacilgliceroles están compuestos por tres ácidos grasos unidos por un enlace éster

con un glicerol. Los que contienen el mismo tipo de ácido en las tres posiciones se denominan según el ácido graso que contienen. La triestearina, la tripalmitina y la trioleína son ejemplos de triacilglicérols, que contienen 16:0, 18:0 y 18:1. (Nelson y Cox, 2006).

Las grasas: La mayoría de las grasas naturales son mezclas complejas de triacilglicérols sencillos y mixtos. Los aceites vegetales, tales como el aceite de maíz y el de oliva están compuestos en su mayoría por triacilglicérols con ácidos grasos insaturados, por lo que son líquidos a temperatura ambiente. Se convierten industrialmente a grasas sólidas por hidrogenación catalítica que reduce algunos de los dobles enlaces a enlaces sencillos y otros a dobles enlaces trans. (Nelson y Cox, 2006).

Las ceras: Son ésteres de ácidos grasos de cadena larga saturados e insaturados (de 14 a 36 átomos de carbono) con alcoholes de cadena larga (de 16 átomos de carbono). Sus puntos de fusión (60 a 100 °C) generalmente son más elevados que los triacilglicérols (Nelson y Cox, 2006).

Deterioro de las Semillas

Las semillas son capaces de sobrevivir como organismos viables regenerativos hasta que el tiempo y el lugar sean adecuados para empezar una nueva generación. Sin embargo, como cualquier otra forma de vida, ellas no pueden retener su viabilidad indefinidamente y eventualmente se deterioran y mueren (Copeland y McDonald, 2001; Doijode, 2001).

La semilla de cualquier especie presenta su más alto nivel de vigor y potencial germinativo en la madurez fisiológica, desde la cual se inicia un proceso continuo e irreversible de deterioro hasta perder su capacidad germinativa. Por lo que, el deterioro de una semilla se puede entender como una serie de cambios en el tiempo, que afectan funciones vitales y su desempeño, hasta causar su muerte (Bradford, 2004). La calidad de las semillas disminuye con el tiempo y la tasa de deterioro varía en diferentes especies y depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo que estas permanezcan almacenadas (Doijode, 2001; Salinas *et al.*, 2001; Chiu *et al.*, 2002).

Existen diferentes mecanismos de deterioro de semilla en diferentes condiciones de almacenamiento; ya que mientras temperaturas bajas existe daño por radicales libres que puedan ser el evento primario del deterioro de semilla, la pérdida de viabilidad de las semillas en altas temperaturas esta íntimamente relacionada a la inactivación de las proteínas térmicas (Sun *et al.*, 1998).

Un factor que influye en la conservación de la viabilidad de la semilla es la cantidad y calidad de las sustancias químicas contenidas en el embrión y en los tejidos (Niembro, 1990). Las causas que originan el deterioro de dichas sustancias y que conllevan a la pérdida de vigor y la germinabilidad de las semillas son diversas y aun nos se conocen. Sin embargo, como las estructuras subcelulares están compuestas por lípidos y proteínas, como el paso del tiempo la membrana celular gradualmente se va deteriorando perdiendo así su capacidad selectiva. Este deterioro se lleva a cabo a consecuencia de la autoxidación de los lípidos, en semillas con reservas de aceites, formando peróxidos que activan algunas enzimas y que afectan la viabilidad y vigor de las semillas (Priestley, 1986; Niembro, 1991).

El proceso de deterioro es irreversible, el cual no puede prevenirse o revertirse, pero este puede ser lento en condiciones específicas. Es mayor en condiciones inapropiadas de almacenamiento, tales como alta temperatura y alto contenido de humedad de semilla. La evidencia del deterioro se relaciona con la decoloración de semillas, pobre germinación, pobre crecimiento de plántulas, producción de gran cantidad de plántulas anormales y pobre rendimiento. Los cambios fisiológicos que se registran en las semillas son reducción de la respiración, pérdida de la actividad enzimática y daño en las membranas (Doijode, 2001).

Alteraciones en membranas

El envejecimiento se produce entre otras cosas a causa de los daños que sufren las membranas (celulares y de orgánulos: mitocondrias, plastidios, etc.), las enzimas y la cromatina (ADN y ARN mensajero). Estos daños son, muy posiblemente, causados por la acción de radicales libres y productos derivados, originados por aproximación de los lípidos de las membranas y de las sustancias de reserva, los cuales actúan directamente durante el envejecimiento en seco o interfieren en reacciones producidas en los primeros

momentos de la imbibición, por ejemplo, la respiración (Besnier, 1989). La pérdida en la integridad de las membranas es probablemente el primer cambio deteriorativo durante el envejecimiento de semillas. Dicha pérdida provoca: la reducción de nivel de fosfolípidos, de la actividad de la peroxidasa y el ascobarto; incremento del nivel de ácidos grasos libres y malonaldehído (Basavarajappa *et al.*, 1991).

Peroxidación no enzimática de los ácidos grasos: Un gran número de especies de oxígeno reactivo tales como el peróxido de hidrógeno, el anión radical súper oxido y el radical hidroxilo, entre otras, son generadas en la semilla durante el envejecimiento, las cuales causan peroxidación de lípidos (McDonald, 1999; Melo y Cuamatzi, 2008).

Estos radicales libres inducen peroxidación no enzimática, la cual tiene el potencial de dañar las membranas, siendo esta la mayor causa del deterioro de las semillas almacenadas (McDonald, 1999; Melo y Cuamatzi, 2008).

Los enlaces dobles de las cadenas de los ácidos grasos son muy vulnerables a las reacciones con agentes oxidantes fuertes, como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el radical aniónico superóxido (O_2^-) o el radical hidroxilo ($\cdot OH$). Los lípidos más propensos a este cambio son los de tipo compuesto, como los fosfolípidos y los glicerofosfolípidos presentes en las membranas biológicas, los cuales contienen en abundancia ácidos grasos insaturados. La peroxidación de lípidos de la membrana puede ocasionar, a su vez, la oxidación de las proteínas de la membrana, lo cual puede provocar graves efectos sobre la estructura y el funcionamiento de las membranas celulares. Las membranas celulares se protegen contra este daño detoxicando los agentes oxidantes originales o los hidroperóxidos de lípidos (Melo y Cuamatzi, 2008).

Peroxidación enzimática de los ácidos grasos: Entre los efectos dañinos que provocan la peroxidación, cabe destacar, lo que en la naturaleza es un fenómeno normal, cierta peroxidación de ácidos grasos, catalizados por enzimas específicas. Los sustratos de estas enzimas son ácidos grasos poli insaturados; dichos ácidos se convierten en “hidro” peróxidos intermediarios que se utilizan como precursores para la biosíntesis de sustancias bioactivas en plantas (Melo y Cuamatzi, 2008).

Cambios en la respiración

El deterioro de la semilla también está asociado con cambios en su metabolismo; por ejemplo, la disminución de carbohidratos que ocurre con la edad de la semilla podría resultar en insuficiencia de sustratos respiratorios para la germinación o en la incapacidad para usarlo. Por lo que, un signo de deterioro de la semilla es la reducción significativa de la tasa respiratoria (Bernal-Lugo y Leopold, 1992; Cruz-Pérez *et al.*, 2003). La relación entre la actividad respiratoria de la semilla durante las primeras horas de germinación y su estado de deterioro es difícil de establecer, pero se aprecia más claramente después de la emergencia de la radícula (Cruz-Pérez *et al.*, 2003). La reducción de la actividad metabólica y de la respiración se asocia con el rompimiento de la estructura de la membrana, particularmente en la mitocondria (Copeland y McDonald, 2001).

Calidad Fisiológica de Semilla

La calidad fisiológica de la semilla, medida a través de la viabilidad, germinación y vigor, es un factor determinante en la producción (Mora, *et al.*, 2006). La semilla con óptima calidad debe germinar rápida y uniformemente bajo diferentes condiciones ambientales; de no ser así, se deben utilizar técnicas que mejoren tales características, como es el acondicionamiento osmótico o priming, que consiste en someter a la semilla a un proceso de hidratación controlada en una solución osmótica para activar su metabolismo, sin que ocurra la protusión de la radícula (Parera y Cantliffe, 1994; Mora *et al.*, 2004).

Prueba de germinación estándar

La ISTA (2004) menciona que el objetivo de realizar pruebas de germinación es determinar el máximo potencial de germinación de un lote de semillas, que puede ser usado para comparar la calidad de diferentes lotes y también para estimar el valor del rendimiento del cultivo. En los laboratorios para ensayo de semillas se emplean varias técnicas para germinar las semillas. Las semillas pequeñas se colocan en charolas de germinación, también resultan útiles las cajas de plástico, las cajas de cartón encerado o Petri. El papel absorbente se corta y las semillas se colocan encima o entre dos capas.

Otros medios para la germinación son el algodón absorbente, toallas de papel, papel filtro y, para semillas grandes, arena, vermiculita, perlita o tierra. Los recipientes se colocan en condiciones especiales en las cuales se controlan temperatura, humedad y luz (Hartmann y Kester, 1994).

Métodos de germinación: a continuación se presenta una lista con las especificaciones requeridas para la realización de los ensayos de germinación de algunas especies de acuerdo a las reglas de la Internacional Seed Testing Association (ISTA, 2004).

Cuadro 1: Condiciones requeridas para los ensayos de germinación de varias especies

Especie	Sustrato	Temperatura	Primer conteo (días)	Conteo final (días)	Recomendación para romper dormancia.
	SP; EP; A	(°C)			
<i>Allium cepa</i>	SP; EP; A	20; 15	6	12	Pre-enfriamiento
<i>Lactua sativa</i>	SP; EP	20	4	7	Pre-enfriamiento
<i>Physalis pubescens</i>	SP	20; 30	7	28	KNO ₃
<i>Capsicum spp.</i>	SP; EP; A	20-30	7	14	KNO ₃
<i>Lycopersicon</i>	SP; EP; A	20-30	5	14	KNO ₃
<i>Zea mays</i>	EP; A	20-30; 25; 20	4	7	----
<i>Phaseolus vulgaris</i>	EP; A	20-30; 25; 20	5	9	----

SP = Sobre papel; EP = Entre papel; A = Arena.

Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación indica la proporción en número de semillas que han producido plántulas clasificadas como normales bajo las condiciones y dentro del periodo especificado (ISTA, 2004).

Plántulas normales

De acuerdo con la ISTA (2004) se consideran plántulas normales a aquellas que presenten las siguientes estructuras esenciales:

1. Sistema radical bien desarrollado, incluyendo raíz primaria, excepto para aquellas plantas, por ejemplo gramíneas, que normalmente presentan raíces seminales, de las cuales deben estar presentes por lo menos dos.
2. Hipocotilo bien desarrollado e intacto y/o un epicotilo sin daño en el tejido conductor y en las dicotiledóneas una plúmula normal.
3. Plúmula intacta en las gramíneas, que deben presentar una hoja verde bien desarrollada dentro o emergiendo del coleóptilo.
4. Un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.

Plántulas anormales

Plántulas anormales son aquellas que presentan alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales. Lo que les impide su desarrollo normal. La ISTA (2004) considera una plántula anormal si presenta alguno o una combinación de los siguientes defectos:

1. Plántulas con algunas de las estructuras esenciales ausentes o con daño irreparables.
2. Plántulas deformes, con desarrollo débil o trastornos fisiológicos, con estructuras esenciales deformadas o ausentes y fuera de proporción.
3. Plántulas podridas, con algunas de sus estructuras esenciales enferma o podrida y que impide su desarrollo normal.

Semillas muertas

Se clasifican como semillas muertas, las semillas que no han producido plántula al finalizar el periodo de ensayo prescrito y que no son ni duras ni latentes (ISTA, 2004).

Semillas duras

Son aquellas que permanecen duras al final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua (ISTA, 2004).

Semillas latentes

Se consideran en esta categoría las que no germinan aun cuando estén bajo las condiciones que se especifican para dicha especie. La viabilidad de estas semillas se puede determinar con la prueba de tetrazolio (ISTA, 2004).

Determinación de viabilidad

La viabilidad de las semillas se puede determinar por varias pruebas, siendo las más importantes las de la germinación directa, de embrión separado y la de tetrazolio (Hartmann y Kester, 1994).

1. Prueba de germinación directa. En una prueba de germinación directa, las semillas se colocan en condiciones ideales de luz y temperatura para inducir la germinación. Las condiciones requeridas para llenar los requisitos legales se especifican en las normas para ensayo de semillas (Hartmann y Kester, 1994).
2. Excisión del embrión. Puede ser usada para *Hordeum*, *Secale* y *Triticum*. Consiste en realizar una excisión con una aguja de disección a través del endospermo justo por el escutelo y un poco lejos del centro. Se extrae el embrión (con escutelo) y puede ser transferido en la solución de tetrazolio para su prueba de viabilidad (ISTA, 2004).
3. Prueba con tetrazolio. Es una prueba bioquímica que puede ser usada para efectuar una evaluación rápida de la viabilidad, cuando las semillas tienen que ser sembradas inmediatamente después de cosecharse, en semillas con una latencia profunda y en semillas que muestran lenta germinación (Copeland y McDonald, 1995). Además. Es utilizada para determinar la viabilidad de las semillas individuales al final del ensayo de germinación, especialmente en donde se sospecha de la presencia de latencia (Basra, 1995). Con este método la viabilidad de las semillas se determina por el color rojo que aparece cuando las semillas se remojan en una solución de cloruro 2, 3, 5- trifenil tetrazolio (Hartmann y Kester, 1994). Clasificándose los embriones como viables o no viables dependiendo de la proporción y ubicación de la coloración presente (Basra, 1995); esta prueba se basa en la reacción bioquímica de ciertas enzimas de las células vivas con la sal de tetrazolio, la cual consiste en la reducción del

tetrazolio, formándose un compuesto rojo llamado formazán. La actividad de esos sistemas enzimáticos decrece paralelamente con la viabilidad de las semillas; por lo tanto una coloración rojo intensa es indicadora de la presencia de células vivas del embrión (ISTA, 2004).

Para realizar esta prueba la ISTA (2004) indica que se deben considerar los siguientes pasos:

1. Acondicionamiento de la semilla. Consiste en humedecer la semilla, lo cual en algunas semillas será suficiente para hacerlas permeables al paso de la solución de tetrazolio, como en semillas grandes de leguminosas. En otros casos ese humedecimiento no es suficiente para permeabilizar la testa de las semillas, pero facilita la bisección, punción o remoción de las testas, con lo que queda expuesto el embrión al contacto con la solución del tetrazolio.
2. Preparación de la solución de tetrazolio. Deberá prepararse con agua destilada; utilizando soluciones al 0.1 o 1.0 %. Estas soluciones se preparan diluyendo uno o diez gramos de la sal de tetrazolio en un litro de agua destilada respectivamente.
3. Preparación de la semilla para su tinción. Para lograr una buena tinción del embrión, es necesario que este quede expuesto al contacto con la solución de tetrazolio, por lo tanto realizar:
 - a) Bisección longitudinal de la semilla para exponer los tejidos embrionarios; tal es el caso de las especies: maíz, pastos, cebada, trigo y sorgo.
4. Tinción. Hay que colocar las semillas en frasco de vidrio o cajas petri. Las semillas deberán quedar completamente cubiertas por la solución. Una vez que la coloración de las semillas viables es de un rojo brillante, la solución se decanta y las semillas se lavan varias veces con agua destilada; después del último lavado las semillas deberán permanecer cubiertas con agua, ya que al secarse las partes teñidas tomaran diversos matices anormales.
5. Interpretación de la prueba. El propósito principal es distinguir las semillas viables de las no viables. Los embriones completamente coloreados son indicadores de una buena semilla, mientras que las semillas con vitalidad

declinante pueden tener manchas no coloreadas, o quedar sin teñir en la punta de la radícula.

Vigor

El vigor es la suma de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla durante la germinación y la emergencia (ISTA, 2004), mientras que Besnier (1989) menciona que existen dos tipos de vigor; el intrínseco y el extrínseco:

Vigor intrínseco. Es la capacidad de las semillas para producir, rápidas y uniformemente, plántulas normales en condiciones específicas de laboratorio. Esta capacidad depende, fundamentalmente, de tres condiciones principales, el estado de la maquinaria bioquímica, amplitud de las reservas nutritivas y constitución genética.

Vigor extrínseco. Se define como la capacidad de las semillas para producir plántulas normales en condiciones normales de cultivo.

Factores

Perry (1980) señala que el vigor es un concepto formado por varios componentes, con un origen intrínseco, enumerados como factores involucrados a la constitución genética, el desarrollo y la nutrición de la planta madre, la etapa o grado de madurez en la cosecha, al tamaño o al peso específico de la semilla, integridad física, a su deterioro y envejecimiento, y a la presencia de patógenos en la semilla.

Factores genéticos. El componente genético es codificado en el genoma de los organismos y se pueden encontrar diferencias de vigor entre híbridos, aunque se hayan producido en la misma localidad, en la misma época y con las mismas prácticas culturales (Khan, 1982). Por otra parte, dentro de una misma especie existen variedades o tipos cuyas semillas tienen más vigor intrínseco que el de las semillas de otras variedades como consecuencia de poseer unos sistemas bioquímicos más potentes o eficaces. En cebada y chícharo se ha observado heterosis en híbridos de líneas puras en lo referente al número y a la actividad de las mitocondrias; en otros casos se han observado mayores niveles de ARNm en los híbridos que en las líneas puras que lo constituían (Besnier, 1989).

Factores ambientales de la planta madre. Entre los factores ambientales que pueden influir a través de la planta madre se encuentra el suelo, que por sus características fisicoquímicas imparte ciertas condiciones al cultivo; la disponibilidad de agua y la temperatura también constituyen una limitante cuando se encuentran en puntos extremos; la fertilización y sanidad de la planta pueden afectar el tamaño de la semilla y el grado de vigor (Perry, 1980).

Etapas o grado de madurez de la semilla. El máximo potencial de germinación y vigor se presenta cuando la semilla completa su madurez fisiológica (Maguire, 1980). En cambio cuando se retrasa la recolección y las semillas se dejan en la planta después de la maduración se puede deteriorar la capacidad germinativa y el vigor debido a las condiciones ambientales (Basra, 1995). Por su parte Perry (1980) señala que la semilla quizás nunca alcance su máximo vigor si esta es cosechada prematuramente. Si las semillas se cosechan antes de la madurez, son más pequeñas y se quedan arrugadas al secarse; hay problemas de separación de la trilla, son suaves y por lo tanto, susceptibles de ser dañadas en la trilla, difíciles de secar, no se almacenan bien y tienen bajo vigor (Basra, 1995).

Tamaño y peso específico de la semilla. Singh y Makne (1985) encontraron una relación positiva entre el tamaño de la semilla y la germinación, peso de la plántula y vigor en el sorgo. Faiguenbaum y Romero (1991) encontraron en maíz que el tamaño de la semilla tiene un efecto positivo en la germinación, vigor, peso seco y rendimiento por planta.

Daños mecánicos. Los daños mecánicos son semillas cortadas, lastimadas, aplastadas, rotas o internamente estropeadas. Los efectos de estos daños son una disminución inmediata de la viabilidad, afectan directamente el vigor, aumentan la susceptibilidad a organismos destructores, producen plántulas anormales y aceleran los procesos de envejecimiento (Moor, 1972).

Edad y deterioro. El deterioro se inicia cuando las semillas están expuestas a la humedad, debilitándose sus capas protectoras. Los factores que mayor influencia tienen en la longevidad de la semilla almacenada son temperatura, humedad y oxígeno; de estos, la humedad es el factor más crucial en el mantenimiento de la viabilidad (Justice y Bass, 1979). Además las aberraciones cromosómicas y la acumulación de productos

tóxicos, como los derivados de la auto-oxidación de lípidos, afectan la longevidad de la semilla (Maguire, 1980).

Microorganismos. Una semilla o planta innatamente débil en vigor es más susceptible a condiciones adversas, incluyendo ataque de microorganismos, porque estos atacan con mayor intensidad a las semillas de menor vigor (Basra, 1995).

Pruebas para evaluar vigor

La ISTA (2004) indica que el vigor de las semillas se pueden determinar utilizando las pruebas de envejecimiento acelerado y la prueba de conductividad eléctrica respectivamente; mientras que Obispo (2000) incluye la prueba de frío, tasa de crecimiento de plántulas, velocidad de germinación, prueba de tetrazolio, tasa de respiración y la prueba de conteo de adenosina trifosfato.

Las empresas semilleras utilizan la información del vigor de sus semillas en los programas de promoción y mercado, ya que el vigor presenta una relación con la velocidad de deterioro de la semilla, por lo que las semillas de bajo vigor toleran `por menor tiempo el almacenamiento que las semillas de alto vigor; por lo tanto pueden predecir el establecimiento en campo del cultivo en condiciones de estrés y asimismo, determinar el periodo óptimo de almacenamiento (Jianhua y McDonald, 1997).

Priming

Concepto

El acondicionamiento osmótico de semilla, también conocido como osmoacondicionamiento o “priming” es considerado como una técnica promisoría para mejorar la germinación de las semillas, especialmente en las hortalizas (Bittencourt *et al.*, 2004).

El acondicionamiento osmótico es el tratamiento en el cual las semillas se sumergen en soluciones osmóticamente activas, hidratando y deshidratando en forma controlada para activar su metabolismo, actuando sobre la utilización de las reservas nutritivas y afectando directamente la velocidad de emergencia y en consecuencia en el vigor de la semilla y la utilización de sus reservas impidiendo la emergencia visible de la radícula

(Fernández y Johnston, 1990; Monsiváis y Martínez, 1990; Bittencourt *et al.*, 2004). Por su parte Black y Bewley (2000) mencionan que uno de los beneficios del acondicionamiento osmótico es la ruptura de la dormancia en las semillas, mejorando el porcentaje de germinación, así como su uniformidad.

Para el acondicionamiento osmótico se utilizan materiales como Polietilen glicol (PEG), KNO_3 , KH_2PO_4 o manitol, entre otros agentes (Caseiro *et al.*, 2004). Pill (1995) señala que con este tratamiento se logra un buen control sobre la hidratación de la semilla, alcanzándose la segunda fase de la imbibición, en la cual varios procesos metabólicos son activados, pero sin permitir la emergencia de la radícula, lográndose con esta técnica rapidez, sincronización e incremento en la germinación.

Stofella *et al.*, (1992) mencionan que las semillas acondicionadas osmóticamente han sido usadas para mejorar el porcentaje y tasa de germinación, emergencia, crecimiento y uniformidad de plántulas, por otro lado Kmetz-Gonzalez y Struve (2000) mencionan que el acondicionamiento osmótico de las semillas generalmente incrementa el porcentaje final de germinación.

Semillas acondicionadas

Osmoacondicionamiento en semillas de cebolla (*Allium cepa* L.).- Para el acondicionamiento osmótico se utilizaron semillas de cebolla cv. Early supreme, así como también KNO_3 , KCl, y Polietilen glicol (PEG 8000) a diferentes potenciales osmóticos (-5, -10, -15 y -20 atm) por periodos de 48, 72 y 96 hrs. Las semillas fueron almacenadas a durante 0, 7, 90 y 180 días después del acondicionamiento osmótico a temperatura de 10°C. (Marín, *et al.*, 2007).

Osmoacondicionamiento en semillas de tomate cascara.- Para dicha evaluación fue utilizada semilla de tomate de cascara cv. Rendidora osmoacondicionada con KNO_3 , KCl y Polietilen glicol – 8000 a – 5, - 10, - 15 y – 20 atm. Durante 48, 72 y 96 hrs. Y almacenada durante 0, 7, 90 y 180 días posteriormente al osmoacondicionamiento. (Marín, *et al.*, 2007).

Osmoacondicionamiento semilla de pimiento (*Capsicum annum* L.).- Se osmoacondiciono semilla de pimiento cv. Yolo Y, utilizando Polietilen glicol 6000,

NaCl y MgSO₄ a 25°C durante 9 días, utilizando potenciales osmóticos entre -3 y -18.6 bares. (Aljaro, 1985).

Osmoacondicionamiento semilla de lechuga.- Para el osmoacondicionamiento se utilizó PEG, KCl y NaNO₃ con 4 potenciales osmóticos (-5, -10, -15 y 20 atm) durante 9 y 18 hrs. (Marín, 2005).

Osmoacondicionamiento semilla de coliflor, brócoli y col.- Para determinar el tratamiento óptimo de acondicionamiento osmótico y su efecto en la calidad fisiológica, se sometió semilla de brócoli, coliflor y col a soluciones de Polietilen glicol 6000, con potencial osmótico de 0, -5, -10, -15 y 20 atm., durante 8, 16 y 24 hrs., además de un testigo absoluto sin tratar, después de lo cual se realizó la prueba estándar de germinación. (Mora, 2006).

Productos acondicionantes

Muchos agentes han sido utilizados con éxito en semillas de varios cultivos, entre los cuales podemos mencionar al K₃PO₄, KH₂PO₄, MgSO₄, NaCl, KNO₃, Na₂SO₄, KNO₃, CaNO, KCl y NaNO₃ (Parera y Cantliffe, 1994).

Factores que afectan el acondicionamiento de semillas

Duración del proceso de acondicionamiento

Los efectos benéficos del acondicionamiento osmótico dependen del soluto, potencial osmótico, temperatura y duración del proceso (Bittencourt *et al.*, 2004, citado por Pichardo, 2010). El tiempo ideal del proceso varía de acuerdo al agente acondicionante, del potencial osmótico de la solución, de la temperatura durante el tratamiento y de la especie. Si la protusión de la radícula ocurre durante el acondicionamiento osmótico, el daño al embrión es irreversible y puede suponerse que es durante la deshidratación después del tratamiento (Cantliffe, 1981). Algunas especies pueden necesitar de solo unas cuantas horas de acondicionamiento osmótico para obtener resultados benéficos. Tal es el caso de semillas de lechuga (Parera y Cantliffe, 1994).

Temperatura

La temperatura durante el tratamiento y el potencial osmótico de la solución afecta la duración del periodo de absorción. Si la temperatura se mantiene por debajo del rango óptimo para mejorar la germinación, el crecimiento de la radícula durante el acondicionamiento osmótico puede afectarse (Parera y Cantliffe, 1994).

Aireación

La aireación apropiada en la solución permite mantener viva a la semilla y ayuda a sincronizar la germinación y esta respuesta varía de acuerdo a la especie y además modifica la duración óptima del osmoacondicionamiento (Welbaum *et al.*, 1998). Semillas tratadas con soluciones salinas aireadas promueven una germinación rápida en melón, mejorando el desarrollo posterior de las plántulas. Además las soluciones aireadas reducen el tiempo de acondicionamiento osmótico que requieren las semillas de lechuga para tener resultados benéficos en porcentaje de germinación y sincronización en la misma (Warley, 2003). Semillas de cebolla acondicionada en una solución aireada de PEG usando oxígeno enriquecido, tuvieron un alto porcentaje de germinación después de compararlas con semilla tratada en soluciones sin airear (Parera y Cantliffe, 1994).

Luz

Los efectos benéficos de semilla osmoacondicionada puede ser modificada debido a la calidad de la luz durante el tratamiento. Cuando semilla de escarola se acondiciona osmóticamente en soluciones de KNO_3 bajo la luz roja continua, hubo alto porcentaje de germinación y más uniformidad que semilla tratada en oscuridad (Bekendam *et al.*, 1987). Parera y Cantliffe (1994) indican que bajos niveles de luz de lámparas incandescentes y fluorescentes durante el acondicionamiento osmótico, no afectaron la germinación de semilla de lechuga. Black y Bewley (2000) menciona que las semillas requieren luz para germinar, pueden ser iluminadas durante el tratamiento para minimizar la dormancia.

Potencial osmótico

El potencial de la solución utilizada durante el tratamiento es un factor que influye sobre los resultados obtenidos (Trigo *et al.*, 1999). El acondicionamiento osmótico con soluciones de altos potenciales puede permitir una rápida germinación de las semillas debido a que esta condición causa una diferencia de potenciales entre el exterior y el interior, necesaria para que se favorezca la entrada de agua a la semilla y por lo tanto este gradiente afecta la cinética de la imbibición (Parera y Cantliffe, 1994).

Calidad de la semilla

Diferentes repuestas en semilla osmoacondicionada entre lotes de diferente calidad de la misma especie se han reportado. Se recomienda semilla de alta calidad para obtener mejores resultados, aunque en general el tratamiento acelera la germinación en semillas tanto de alto como de bajo vigor (Bradford *et al.*, 1990; Black y Bewley 2000). Dearman *et al.* (1986) concluyeron que la pérdida de la viabilidad durante el envejecimiento de semillas de cebolla no se puede restaurar por medio del acondicionamiento osmótico; sin embargo, estas semillas, las cuales fueron todavía viables después del envejecimiento, mejoraron la tasa de germinación después del tratamiento. El acondicionamiento osmótico incrementó el vigor de semillas inmaduras de brócoli cosechadas mecánicamente (Black y Bewley, 2000).

Manejo Post-Acondicionamiento

El secado después del tratamiento implica remover la cantidad de agua incorporada a la semilla de este proceso. En algunas semillas los efectos benéficos del acondicionamiento osmótico pueden perderse después del secado, pero en otras las ventajas pueden perdurar (Parera y Cantliffe, 1994). Para facilitar el manejo y almacenamiento, las semillas se pueden secar a un nivel de humedad aceptable para almacenar a largo plazo después del tratamiento (Nerson y Govers, 1986).

Lo ideal es secar lentamente al aire libre, puesto que realizar este proceso con aire forzado o con estufa puede causar daño mecánico en las semillas, ya que se pueden romper más fácilmente las membranas. Cuando semillas de maíz acondicionadas

osmóticamente se secaron rápidamente, sufrieron daños, resultando en reducción de la calidad fisiológica (Black y Bewley, 2000).

Deshidratación después del acondicionamiento

Se han estudiado muchos cambios bioquímicos detectados durante el almacenamiento de semillas, los cuales provocan el deterioro de esta. Dichos cambios ocurren tanto en la actividad enzimática, en respiración, en la tasa de síntesis y los diferentes procesos químicos, en la permeabilidad de las membranas, en las hormonas endógenas y daño cromosómico (Thanos *et al.*, 1989).

Después de acondicionar osmóticamente y deshidratar semillas, usualmente son almacenadas antes de sembrarlas. Los beneficios obtenidos con el tratamiento se pueden perder después del almacenamiento, lo cual depende de la especie, temperaturas y humedades relativas prevalentes durante el mismo (Black y Bewley, 2000). La reducción en la calidad de la semilla almacenada después del osmoacondicionamiento, puede deberse al incremento de la peroxidación lipídica, la cual ha sido considerada como una de las principales razones de la pérdida de vigor y viabilidad en las semillas almacenadas (Bailly *et al.*, 1996). La pérdida de vigor y viabilidad están asociadas con algunos cambios bioquímicos, como lo son daños en el ADN, alteración en la síntesis de RNA y proteínas, así como deterioro en las propiedades de las membranas (Chojnowski *et al.*, 1997, citado por Pichardo, 2010).

Almacenamiento de la semilla

El almacenamiento de la semilla se puede denominar como la conservación de las semillas viables desde el momento idóneo previsto de la recolección hasta que se necesitan para la siembra. Cuando estas se pueden sembrar inmediatamente después de la recolección, no se requiere almacenamiento (Copeland y McDonald, 2001). Cada especie tiene una fecha idónea prevista de siembra, lo más habitual es que sea necesario almacenar la semilla durante periodos de tiempo diversos que se pueden clasificar de la manera siguiente: a) Hasta un año, cuando la producción de la semilla se efectúa con periodicidad anual, pero es necesario esperar la temporada idónea para la siembra. b) De 1 a 5 años o más, cuando una especie fructifica en abundancia a intervalo de varios años

y debe recolectarse en un año semilla buena y suficiente para satisfacer las necesidades anuales en los años intermedios, en los que la producción de semilla es escasa. c) A largo plazo, con fines de conservación de recursos genético. El periodo de almacenamiento varía en función de la longevidad de la semilla, de la especie y las condiciones del almacenamiento; sin embargo, en especies que se almacenan en ambientes óptimos, el tiempo de almacenamiento se suele medir en decenios (Walters *et al.*, 2005).

Los recursos y medios proyectados están relacionados con la cantidad de semilla que se va a almacenar y con la duración del almacenamiento. Construir instalaciones costosas, capaces de mantener la viabilidad de las semillas durante 10 años, cuando estas no se van a almacenar por más de nueve meses, es tirar el dinero (Copeland y McDonald, 2001).

El periodo durante el cual la semilla puede seguir siendo viable depende mucho de la calidad al momento de la recolección, el tratamiento al que se somete entre la recolección y el almacenamiento y a las condiciones en las que se almacena. En la actualidad se distinguen dos tipos principales de semilla: (Desai *et al.*, 1997; Copeland y McDonald, 2001)

- a) Ortodoxas: semillas que pueden secarse hasta un contenido de humedad bajo, de alrededor de 5 % (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0 °C durante largos periodos.
- b) Recalcitrantes: semillas que no pueden sobrevivir si se secan más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 % peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos periodos (Roberts, 1973).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Sitio Experimental

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en el Ejido de la Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., en el Km. 14.5 de la carretera San Luis Potosí – Matehuala.

Material Biológico

Se utilizó semilla de chile poblano proporcionada por los productores de del municipio de Moctezuma, S.L.P., misma que ellos obtienen de siembras comerciales para fruto del híbrido Caballero.

Material de Laboratorio

Se utilizaron frascos de 50 ml para el priming, una bomba de aire para pecera, termómetro, papel filtro, cajas de Petri, cámara de germinación iluminada, refrigerador, estufa de secado y balanza analítica.

Reactivos

Se utilizaron los compuestos químicos: nitrato de potasio, nitrato de calcio y ácido giberélico; agua destilada para la preparación de las soluciones y las pruebas de germinación, tetrazolio para pruebas de viabilidad y fungicida captan 500 (i.a. captan) a dosis de 1g/L – 1 de agua.

Acondicionamiento Osmótico

Se empleó un diseño experimental completamente al azar, los tratamientos aplicados consistieron en KNO_3 , $Ca(NO_3)_2$ a -5, -10 y -15 atmosferas y ácido giberélico a 40, 80 y 160 ppm, durante 24, 36 y 48 horas. Se utilizaron tres repeticiones, conformando 81 unidades experimentales, además de 9 para el testigo absoluto. Cada tratamiento consistió de 75 semillas.

Una vez tratada la semilla, se procedió al lavado y secado de la misma para eliminar los residuos de los materiales utilizados durante el tratamiento y se les asperjó el

fungicida captan con un atomizador a razón de 1 gramo por 1 litro de agua como preventivo de enfermedades.

Calculo de potenciales osmóticos y preparación de soluciones

Los potenciales osmóticos fueron calculados utilizando la ecuación propuesta por Wiggans y Gardner (1959).

$$G = (PV_m) / (RT)$$

En donde:

G= gramos de soluto a utilizar.

P= presión osmótica deseada.

V= volumen en litros.

M= peso molecular del químico utilizado.

R= 0.0825 atm.

T= temperatura absoluta a la que se prepara la solución (°K).

Las soluciones para el acondicionamiento osmótico se prepararon disolviendo los diferentes agentes acondicionantes en los frascos que contenían 25 ml de agua destilada cada uno. Una vez preparadas las soluciones las semillas fueron colocadas en el interior de cada frasco.

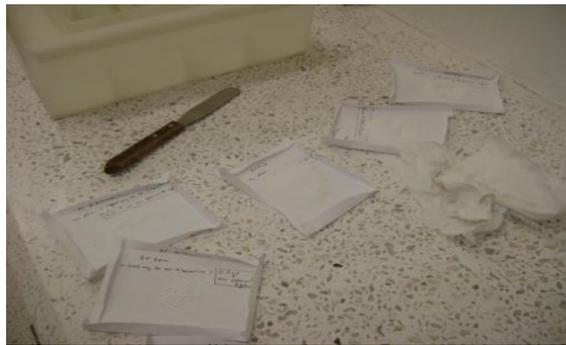


Figura 2. Preparación de soluciones.

También se diseñó un sistema de aireación con una bomba de pecera, manguera de 8 mm de diámetro para proporcionarle oxigenación a las semillas y mantenerlas vivas, como lo mencionan Welbaum *et al.*, (1998).



Figura 3. Oxigenación de las semillas.

Prueba de germinación

En el laboratorio de parasitología se realizó la evaluación de calidad fisiológica de las semillas acondicionadas. En la prueba de germinación se utilizaron tres repeticiones de cada tratamiento, colocando 25 semillas por caja petri se colocaron en las cajas Petri. La temperatura durante la prueba fue de $29\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

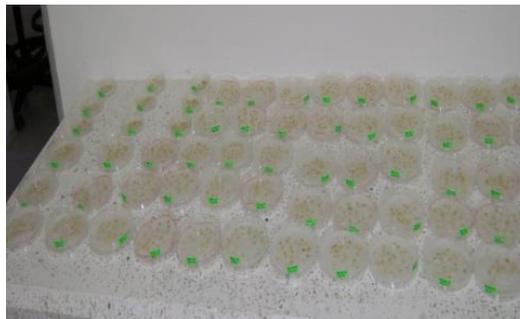


Figura 4. Prueba de germinación.

Durante la prueba de germinación se realizaron dos conteos, con la finalidad de realizar la evaluación de la calidad fisiológica; el primero se realizó al 7^o y el segundo al 14^o día.

VARIABLES EVALUADAS

Porcentaje de germinación (PG)

Esta variable se obtuvo sumando el total de las plántulas normales del primer y segundo conteo, expresándose los resultados en porcentaje (ISTA, 2004).

Porcentaje de plántulas anormales (PPAN)

Aquellas plántulas que presentaron malformaciones en sus estructuras esenciales como raíz y plúmula, lo que impide su desarrollo normal fueron consideradas en esta categoría, y se expresaron en porcentaje (ISTA, 2004).

Tiempo en alcanzar el 50 % de germinación (G50)

Se expresó en horas, para lo cual se obtuvo el promedio de las tres repeticiones utilizadas en cada periodo de almacenamiento.(ISTA, 2004).

Peso seco por plántula (PSP)

Para la determinación de esta variable se colocaron las plántulas en una estufa a 50 °C durante 72 horas en cada conteo, obteniéndose el peso promedio por plántula y se expresó en miligramos. (ISTA, 2004).

Porcentaje de las semillas latentes (PSL)

Se consideraron aquellas semillas que al final de la prueba de germinación permanecieron sin emitir la radícula, ni algún a otra estructura, y que además no fueron consideradas semillas muertas, para lo cual se realizó la prueba de viabilidad con tetrazolio al 0.1%. Los resultados se expresaron en porcentaje. (ISTA, 2004).

Porcentaje de semillas muertas (PSM)

En esta variable se consideraron aquellas semillas que presentaron ataque por hongos, además de los resultantes de la prueba de viabilidad. Se cuantificaron por la suma de los dos conteos. (ISTA, 2004).

Prueba con Tetrazolio

Para realizar esta prueba se consideraron los siguientes pasos (ISTA, 2004):

- a)** Acondicionamiento de la semilla. Consistió en inhibir la semilla para permitir seccionarlas y hacerlas permeables al paso de la solución de tetrazolio.
- b)** Preparación de la solución de tetrazolio. Se preparó a una concentración del 0.1 % con agua destilada.

- c) Preparación de la semilla para su tinción. Para lograr una buena tinción del embrión, se realizó bisección de la semilla para exponer los tejidos embrionarios al contacto con la solución de tetrazolio.
- d) Tinción. Las semillas seccionadas se colocaron en cajas Petri, sobre las cuales fue vertida la solución de tetrazolio y se mantuvieron en obscuridad durante 12 horas.
- e) Interpretación de la prueba. Los embriones completamente coloreados se consideraron como semillas latentes; mientras que las semillas con vitalidad declinante (muertas) fueron aquellas que presentaron manchas no coloreadas, o aquellas no teñidas en el ápice de la radícula.

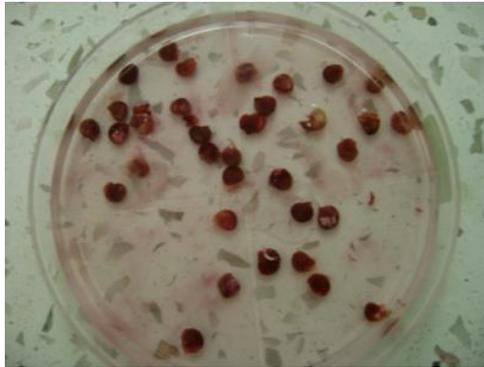


Figura 5. Prueba de tetrazolio.

Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y posterior comparación de medios mediante Tukey ($\alpha = 0.05$) con el paquete estadístico SAS 1999 (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza definió diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para las variables porcentaje de germinación, plántulas anormales, semillas muertas y latentes; así como índice de velocidad de emergencia, peso seco y tiempo en alcanzar el 50% de germinación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables evaluadas en las pruebas de calidad fisiológica en semilla criolla de chile ancho posterior al priming

Fuente de variación	G.L.	PG	IVE	G ₅₀	PS	PSM	PPA	PSL
Tratamiento	29	587.6*	20.05*	8911.5*	0.0006*	84.50*	446.1*	83.71*
Error	60	44.6	0.17	1509.3	0.0000	21.15	64.72	16.17
Total	89							
C.V.		12.71	6.28	24.29	0.00	32.85	36.11	35.91
Media		52.53	6.62	159.92	0.02	14.00	22.27	11.20

(G.L.) Grados de libertad, Coeficiente de variación (C.V.), Porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de emergencia (IVE), tiempo en alcanzar el 50% de germinación (G₅₀) y peso seco (PS), porcentaje de semillas muertas (PSM), porcentaje de plántulas anormales (PPA) y porcentaje de semillas latentes (PSL). *significativo con una $P < 0.05$;

Las semillas de pimiento criollo (*Capsicum annuum* L.) tratadas con ácido giberélico a una concentración de 80 ppm durante 36 horas, incrementó la calidad fisiológica en porcentajes requeridos para semilla comercial (Cuadros 3 y 4). Kmetz-Gonzalez y Struve (2000) mencionan que el acondicionamiento osmótico de las semillas generalmente incrementa el porcentaje final de germinación.

El priming de semilla, también conocido como osmoacondicionamiento” es considerado como una técnica promisorio para mejorar la germinación de las semillas, especialmente en las hortalizas (Bittencourt *et al.*, 2004). Pill (1995) señala que con este tratamiento se logra un buen control sobre la hidratación de la semilla, alcanzándose la segunda fase de la imbibición, en la cual varios procesos metabólicos son activados, pero sin permitir la emergencia de la radícula, lográndose con esta técnica rapidez, sincronización e incremento en la germinación.

Cuadro 3. Efecto promedio de los tratamientos de priming sobre la calidad fisiológica de semilla de chile ancho

Tratamiento	PG	IVE	G ₅₀	PS
AG ₃ (80 ppm) (36 hrs)	89.3 a	7.2 abcdef	107.7 de	0.047 b
Ca (NO ₃) ₂ (-5 atm) (36 hrs)	76.0 ab	6.0 fghij	150.0 bcde	0.034 h
AG ₃ (160 ppm) (36 hrs)	69.3 abc	7.4 abcde	107.0 de	0.016 z
KNO ₃ (-10 atm) (24hrs)	68.0 abcd	7.5 abcde	133.0 cde	0.036 g
AG ₃ (40 ppm) (24 hrs)	68.0 abcd	7.0 bcdefghi	112.7 de	0.022 s
AG ₃ (80 ppm) (48 hrs)	64.0 bcde	7.2 abcdef	111.0 de	0.025 i
AG ₃ (160 ppm) (48 hrs)	62.7 bcde	7.7 abcd	110.3 de	0.028 n
AG ₃ (40 ppm) (48 hrs)	62.7 bcde	7.7 abc	113.7 de	0.034 i
AG ₃ (40 ppm) (36 hrs)	61.3 bcdef	7.8 ab	102.0 de	0.039 d
AG ₃ (80 ppm) (24 hrs)	61.3 bcdef	6.5 bcdefghij	111.0 de	0.037 f
AG ₃ (160 ppm) (24 hrs)	61.3 bcdef	8.3 a	86.3 e	0.025 q
Ca (NO ₃) ₂ (-10 atm) (36 hrs)	56.0 bcdefg	7.3 abcdef	198.0 bcde	0.020 t
Ca (NO ₃) ₂ (-10 atm) (48 hrs)	54.7 bcdefgh	5.9 ghijk	214.7 abcd	0.015 a
KNO ₃ (-5 atm) (36 hrs)	52.0 cdefghi	6.7 bcdefghi	130.7 cde	0.030 k
KNO ₃ (-5 atm) (24 hrs)	50.7 cdefghi	6.2 efghij	126.3 cde	0.044 c
Ca (NO ₃) ₂ (-15 atm) (24 hrs)	49.3 cdefghi	5.7 hijk	198.7abcde	0.031 j
KNO ₃ (-10 atm) (48 hrs)	49.3 cdefghi	6.4 cdefghij	223.3 abcd	0.026 o
KNO ₃ (-5 atm) (48 hrs)	48.0 cdefghi	6.4 cdefghij	140.0 bcde	0.029 l
KNO ₃ (-15 atm) (48 hrs)	46.7 defghi	5.2 jk	312.3 a	0.019 w
KNO ₃ (-15 atm) (36 hrs)	46.7 defghi	5.6 ijk	187.0 bcde	0.020 v
Ca (NO ₃) ₂ (-5 atm) (48 hrs)	44.0 efghi	7.3 abcdef	158.0 bcde	0.018 x
KNO ₃ (-15 atm) (24 hrs)	42.7 efghi	7.1 abcdefg	198.7abcde	0.028 m
KNO ₃ (-10 atm) (36 hrs)	42.7 efghi	5.8 ghijk	169.7 bcde	0.024 r
Testigo (24 hrs)	40.0 fghi	6.7 bcdefghi	123.7 cde	0.020 u
Ca (NO ₃) ₂ (-5 atm) (24 hrs)	37.3 ghi	6.3 defghij	158.0 bcde	0.018 y
Testigo (36 hrs)	37.3 ghi	5.9 ghij	146.0 bcde	0.082 a
Testigo (48 hrs)	34.7 ghi	4.6 k	158.0 bcde	0.038 e
Ca (NO ₃) ₂ (-10 atm) (24 hrs)	34.7 ghi	6.5 bcdefghij	198.7abcde	0.014 b
Ca (NO ₃) ₂ (-15 atm) (48 atm)	33.3 hi	6.9 abcdefgh	264.0 ab	0.0003c
Ca (NO ₃) ₂ (-15 atm) (36 hrs)	32.0 i	6.3 cdefghij	247.3 abc	0.018 x
MEDIA	52.6	6.6	159.9	0.028
DMS	21.5	1.3	124.8	0

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), Diferencia mínima significativa (DMS), Porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de emergencia (IVE), tiempo en alcanzar el 50% de germinación (G₅₀) y peso seco (PS).

Cuadro 4. Efecto promedio de los tratamientos de priming sobre la calidad fisiológica de semilla de chile ancho

Tratamiento	PSM	PPA	PSL
AG ₃ (80 ppm) (36 hrs)	2.7 e	4.0 g	4.0 de
Ca (NO ₃) ₂ (-5 atm) (36 hrs)	6.7 cde	9.3 efg	8.0 abcde
AG ₃ (160 ppm) (36 hrs)	16.0 abcde	12.0 defg	2.7 e
KNO ₃ (-10 atm) (24hrs)	13.3 abcde	5.3 g	13.3 abcde
AG ₃ (40 ppm) (24 hrs)	16.0 abcde	9.3 efg	6.7 bcde
AG ₃ (80 ppm) (48 hrs)	22.7 ab	9.3 efg	2.7 e
AG ₃ (160 ppm) (48 hrs)	16.0 abcde	12.0 defg	8.0 abcde
AG ₃ (40 ppm) (48 hrs)	13.3 abcde	18.7 abcdefg	5.3 cde
AG ₃ (40 ppm) (36 hrs)	21.3 abc	14.7 cdefg	2.7 e
AG ₃ (80 ppm) (24 hrs)	26.7 a	6.7 fg	5.3 cde
AG ₃ (160 ppm) (24 hrs)	17.3 abcde	14.7 cdefg	5.3 cde
Ca (NO ₃) ₂ (-10 atm) (36 hrs)	10.7 bcde	16.3 bcdefg	13.3 abcde
Ca (NO ₃) ₂ (-10 atm) (48 hrs)	12.0 abcde	20.0 abcdefg	13.3 abcde
KNO ₃ (-5 atm) (36 hrs)	9.3 bcde	33.3 abcde	8.0 abcde
KNO ₃ (-5 atm) (24 hrs)	5.3 de	34.7 abcde	9.3 abcde
Ca (NO ₃) ₂ (-15 atm) (24 hrs)	17.3 abcde	29.3 abcdefg	20.0 a
KNO ₃ (-10 atm) (48 hrs)	16.0 abcde	16.0 bcdefg	18.7 ab
KNO ₃ (-5 atm) (48 hrs)	12.0 abcde	25.3 abcdefg	12.0 abcde
KNO ₃ (-15 atm) (48 hrs)	20.0 abc	13.3 defg	20.0 a
KNO ₃ (-15 atm) (36 hrs)	18.7 abc	22.7 abcdefg	12.0 abcde
Ca (NO ₃) ₂ (-5 atm) (48 hrs)	12.0 abcde	34.7 abcde	13.3 abcde
KNO ₃ (-15 atm) (24 hrs)	18.7 abc	29.3 abcdefg	9.3 abcde
KNO ₃ (-10 atm) (36 hrs)	13.3 abcde	25.3 abcdefg	18.7 ab
Testigo (24 hrs)	6.7 cde	40.0 abc	13.3 abcde
Ca (NO ₃) ₂ (-5 atm) (24 hrs)	12.0 abcde	37.3 abcd	14.7 abcde
Testigo (36 hrs)	9.3 bcde	41.3 ab	13.3 abcde
Testigo (48 hrs)	16.0 abcde	37.3 abcd	12.0 abcde
Ca (NO ₃) ₂ (-10 atm) (24 hrs)	16.0 abcde	32.0 abcdef	17.3 abc
Ca (NO ₃) ₂ (-15 atm) (48 atm)	13.3 abcde	37.3 abcd	16.0 abcd
Ca (NO ₃) ₂ (-15 atm) (36 hrs)	10.7 bcde	42.6 a	14.7 abcde
MEDIA	14.0	22.3	11.2
DMS	14.8	25.8	12.9

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Diferencia mínima significativa (DMS); porcentaje de semillas muertas (PSM), porcentaje de plántulas anormales (PPA) y porcentaje de semillas latentes (PSL).

Los efectos benéficos del priming dependen del soluto, potencial osmótico, temperatura y duración del proceso (Bittencourt et al., 2004). El tiempo ideal del proceso varía de acuerdo al agente acondicionante, del potencial osmótico de la solución, de la temperatura durante el tratamiento y de la especie. Si la protusión de la radícula ocurre durante el priming, el daño al embrión es irreversible y puede suponerse que es durante la deshidratación después del tratamiento (Cantliffe, 1981). Algunas

especies pueden necesitar de solo unas cuantas horas de priming para obtener resultados benéficos. Tal es el caso de semillas de lechuga (Parera y Cantliffe, 1994). El potencial de la solución utilizada durante el tratamiento es un factor que influye sobre los resultados obtenidos. El priming con soluciones de altos potenciales puede permitir una rápida germinación de las semillas debido a que esta condición causa una diferencia de potenciales entre el exterior y el interior, necesaria para que se favorezca la entrada de agua a la semilla y por lo tanto este gradiente afecta la cinética de la imbibición (Parera y Cantliffe, 1994).

La germinación de las semillas es regulada por hormonas, en particular por ácido giberélico, pues al intervenir en enzimas hidrolíticas reblandecen el endospermo o la cubierta, inducen la movilización de reservas y estimulan la germinación (Bewley y Black, 1994); García *et al.*, (2010) aplicaron ácido giberélico a una concentración de 5000 ppm durante 24 hora en semillas de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *Glabriusculum*) con el objetivo de evaluar su efecto sobre la germinación y vigor; al realizar las pruebas de calidad fisiológica obtuvieron 82% de germinación, es decir, por arriba de los valores mínimos permitidos para la especie. Lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que las semillas de pimiento tratadas con esta fitohormona presentaron porcentajes de germinación por encima de los mínimos requeridos para este cultivo, incluso superan a los reportados para chile piquín.

En todas las variables evaluadas existen diferencias significativas entre los agentes químicos que se utilizaron para acondicionar osmóticamente la semilla de chile (cuadro 3). Los mejores resultados para el porcentaje de germinación y peso seco, se obtuvieron con el ácido giberélico (AG), superando al nitrato de potasio y nitrato de calcio (cuadro 3); sin embargo, de manera general el testigo fue inferior a todos los agentes utilizados en esta prueba.

El menor porcentaje de plántulas anormales se obtuvo al acondicionar osmóticamente la semilla con ácido giberélico (80) y nitrato de potasio.

En cuanto al tiempo para alcanzar el 50 % de germinación, el nitrato de potasio fue el mejor agente, debido a que en esta variable lo ideal es que se logre en el menor tiempo posible, lo cual indica uniformidad y sincronización.

Para la variable de índice de velocidad de emergencia, el mejor resultado se obtuvo con el ácido giberélico (160) y el agente con menor efectividad fue el testigo.

Por tanto, conforme a los resultados arriba mencionados tenemos que el PG (porcentaje de germinación) total se elevó hasta un 52.6%, siendo AG80 (36) el tratamiento con el mejor resultado al mostrar 89.3% de germinación, por tanto, dicho tratamiento es el más recomendable gracias al resultado obtenido. Así como también el tratamiento Ca-15(24) es el menos recomendado ya que obtuvo el porcentaje más alto de plántulas anormales (42.5). En cuanto a G50 se tiene que el tratamiento AG160 (24), ya que ese tratamiento fue en el que en menor número de días alcanzó el 50% de germinación.

De acuerdo a los resultados, el priming con ácido giberélico a una concentración de 80 ppm durante 36 horas, mejoró significativamente la capacidad germinativa de la semilla en estudio, observándose un incremento del 52 % respecto al testigo, que obtuvo 37 %. Éstos resultados concuerdan con Welbaum *et al.* (1998) y McDonald (2000) quienes mencionan que los tratamientos precondicionadores o priming de semilla se pueden utilizar para incrementar la capacidad germinativa y acelerar y sincronizar la germinación. Es evidente que el priming activa procesos fisiológicos y bioquímicos, que se traducen en transformaciones metabólicas necesarias para la germinación en menor tiempo de las semillas.

Los resultados indican que el priming tiene un impacto positivo en el comportamiento de la germinación de la semilla, incrementando la capacidad germinativa y estimulando el crecimiento del sistema radicular. En general, la técnica es sencilla y comprende dos fases, primero, la semilla embebe agua en condiciones aerobias utilizando una solución acuosa de potencial osmótico controlado, que garantiza que las semillas absorban agua suficiente para llegar a la fase II, previo a la emergencia de la radícula. En segundo lugar, las semillas se siembran después de un período de almacenamiento con previa desecación.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en este trabajo y los resultados que se obtuvieron se llegó a las siguientes conclusiones:

Los resultados obtenidos con el priming varían conforme al agente y potencial osmótico utilizado.

En lo referente a la variable Índice de Velocidad de Emergencia (IVE), el mejor tratamiento fue el ácido giberélico aplicado durante 24 horas a una concentración de 160 ppm.

Para la variable G50 el mejor tratamiento consistió en utilizar durante el priming nitrato de potasio a una presión de -15 atmósferas durante 48 horas.

Con el priming se logró una germinación uniforme en un menor periodo de tiempo.

Semillas criollas de chile ancho que recibieron priming con ácido giberélico a una concentración de 80 ppm durante 36 horas, presentaron el porcentaje de germinación más alto (89.3%) y en general mejor calidad fisiológica, incluso se obtuvo una tasa superior a la mínima requerida para semilla comercial; mientras que el testigo alcanzó como máximo 40% de germinación.

LITERATURA CITADA

- Akers, S.W., and Kevin, H.E. (1986). SPS: A system for priming seed using aerated polyethylen glycol or salt solutions. *Hort Sci.*, 21:529-531.
- Aljaro, A., y Wyneken, L. (1985). Acondicionamiento osmótico de semilla de pimiento y sus efectos sobre la germinación y emergencia. *Agricultura técnica*. 4: 293-302.
- Azcon, B.J., y Talón, M. (1996). Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana McGraw-Hill, España. 581p.
- Basavarajappa, B.S., Shetty, H.S. and Prakash, H.S. (1991). Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. *Seed science and technology* 19: 279-286.
- Basra, A.S. (1995). Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. Food products press. New York, U.S.A. 389 p.
- Bayllu, C., Benmar, A., Corbineau, F. and Côme D. (1996). Changes in malondialdehyde content and in superoxide diamutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated ageing. *Plant. Physiol.* 97: 104-110.
- Bekendam, J. Van Pijlen, J.G. and Kraak, H.L. (1987). The effect of priming on the rate and uniformity germination of endive seeds. *Acta Hort.* 215: 209-218.
- Bernal, L.I., and Leopold. A.C. (1992). The dynamics of seed mortality. *J. Exp. Bot.* 49: 1455-1461.
- Besnier, R.F. (1989). Semillas, biología y tecnología. Ed. Ediciones Mundi- prensa. Madrid, España. 637 p.
- Bewley, J.D., and Black, M. (1994). Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press. New York. 367 p.
- Bittencourt, M.L.C., Dias L.A.S, Araújo, E.F. (2004). Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas de aspargo. *Revista Brasileira de Sementes*, 26:50-55.
- Black, M. and Bewley J.D. (2000): Seed Technology and its Biological Basis. Sheffield Academic Press Ltd, Shef field. 428 p
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience* 21 (5): 1105-1112.
- Bradford, K..J.J. Steiner J., and Trawatha. E.S. (1990). Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Sci.* 30:718-721.
- Brocklehurst, A.P., Dearman J. and Drewk L.R K. (1987). Recent development in osmotic treatments of v egetables seeds. *Acta Horticulture* 215: 193-200.
- Camacho, M. F. (1994). Dormición de semillas: Causas y tratamientos. Editorial Trillas, México, D.F. 124 p.

- Cantliffe D. J. (1981). Seed priming of lettuce for early and uniform emergence under conditions of environmental stress. *Acta Hort.* 122:29-38.
- Caseiro, R., Bennet M.A and Filho. J.M. (2004). Comparación of three priming techniques for onion seed lots differing in initial quality. *Seed Sci. and Tech.* 32: 365-375.
- Cavallero, V., Mauromicale G. and Vincenzo Di. G. (1994). Effects of seed osmoconditioning on emergence characteristics of the tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*). *Acta Horticulturae* 362: 213-219.
- Chiu, K.Y., Chen C.L and. Sung. J.M (2002). Effect of priming temperature on storability of primed *sh-2* sweet corn seed. *Crop Science.* 42: 1996-2003.
- Copeland, L.O. and McDonald. M.B. (1995). Principles of Seed Science and Technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, United States of America. 321 p.
- Copeland, L.O. (1976). Principles of seed science and technology. Minneapolis, Burgess Publishing Co. 369 p.
- Copeland, O.L., and Mcdonald. M.B. (2001). Principles of Seed Science and Technology. 4th edition. Kluwer Press, New York. USA. 488 p.
- Cruz, P.A.B. González H, V.A Mendoza M.C. y. Ortega D. M.L (2003). Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semilla en maíz. *Agrociencia.* 37: 371-381.
- Dearman, J., Brocklehurst P.A, and Drew. L.K. (1986). Effects of osmotic priming and ageing on onion seed germination. *Ann. Appl. Biol.* 108:639-648.
- Delouche, J. C. (2002). Germinación, deterioro y vigor de las semillas. *Seed news* 6: 6-7.
- Desai, B.B., Kotecha P.M and. Salunkhe. D.K (1997). Seeds handbook: biology production, processing and storage. Marcel Dekker. New York, USA. 626 p.
- Desai, B.B., Kotecha., P.M. Salunkhe. D.K. (1997). Seeds handbook. Biology, production, processing and storage. Marcel Dekker, Inc. 627 p.
- Doijode, S.D. (2001). Seed storage of horticultural crops food products press Binghamton, NY. USA. 339 p.
- Faiguenbaum, M., y Romero. L.A. (1991). Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento de un híbrido de maíz (*Zea mays L.*). *Ciencia e investigación agraria* 18(3): 111-117.
- Fernandez, G., Johnston M. & Muñoz. R.N. (1990). Invigoration of pepper (*Capsicum annuum L.*) seeds. *Proceedings Interamerican Society of Tropical Horticulture* 35: 109-117.
- Flores, H.A. (2004). Introducción a la tecnología de semillas. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 160 p.

- García, A.F., Montes H. S., Rangel A., L. J. García E., M. y Mendoza M.E. (2010). Respuesta fisiológica de la semilla chile piquín [*Capsicum annum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill] al ácido giberélico e hidrotermia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1(2):203-216.
- Globerson, D., and Feder. Z. (1987). The effects of seed priming and fluid drilling on germination emergence and growth of vegetables at unfavorable temperatures. *Acta horticulturae* 198: 15-21.
- Hartmann, T.H., and Kester. D.E (1994). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. Ed. Continental, S.A. de C.V. México. 760 p.
- ISTA. (2004). *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association. Bassersdorf, CH-Switzerland. 700 p.
- Jianhua, Z., and McDonald M.B. (1997). The saturated accelerated ageing tests for small-seeded crops. *Seed Sci. and Tech.* 25(1): 123-131.
- Justice, O.L., and Bass. N.L. (1979). *Principles and practices of seed storage*. Castle house Publications LTD. Great Britain. 289 p.
- Khan, A.A. (1982). *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Elsevier biomedical press. Amsterdam, New York State Agricultural Experiment Station, Cornell University, Geneva, New York, U.S.A. pp. 203-241.
- Kmetz, G.M., and Struve. D. (2000). Blackgum seed conditioning increases germination: rate, seedling emergence and quality. *Seed Science and Technology*. 28(1): 49-57.
- López, R.G.F. (2005). *Ecofisiología de árboles*. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 218-221.
- Maguire, J.D. (1962). Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling emergente and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Maguire, J.D. (1980). Seed dormancy and germination. *Adv. In. Res. And Tech. of seeds*, part 5, pp. 41-67.
- Marín, S.J. (2005). *Osmocondicionamiento para incrementar la calidad fisiológica de semillas de cebolla, tomate de cáscara y lechuga*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 140 p.
- Marín, S.J., Mejía J.A. C., Hernández L. A., Peña L. A., y Carballo C A.. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.) *Agricultura Técnica en México* 33(1): 63-71.
- Marín, S.J., Mejía J.A C., Hernández L. A., Peña L. A., y Carballo C. A. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de jitomate de cáscara, *Agricultura Técnica en México* 33(2): 115-123.
- Márquez, F. C., Silva L. G. y Reis. A. (1990). Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de florestas tropicais. In: 6to. Congresso Florestal Brasileiro, Sao Paulo/ SP, Anais 676-684 p.

- McDonald, M.B. (1999). Seed deterioration; physiology, repair and assessment. *Seed Sci. and Tech.* 27:177-237.
- McDonald, M.B. (2000). Seed priming. In: *Seed Technology and its biological basic.* Ed. By M. Black and J.D. Bewley Sheffield, Academic Press. P. 286-325.
- Melo, R.V., y Cuamatzi T. O. (2008). *Bioquímica de los procesos metabólicos.* Segunda edición. Reverté. México, D.F. 406 p.
- Moncivais, D.M., y Martínez G.A. (1990). Aplicación de AG₃ vía acondicionamiento osmótico en semillas de chile serrano (*Capsicum annum* L.) Cv. Tampiqueña. 74. En XIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Cd. Juárez, Chihuahua, México. 385 p.
- Moor, R.P. (1972). Effects of mechanical injures on viability. In. *Viability of seeds.* E. H. Roberts (Ed) Chapman and Hall LTD. Great Britain. 448 p.
- Mora, A.R.E., Rodríguez J., Peña L.A., y Campos D.A. (2004). Acondicionamiento osmótico de semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.) con soluciones salinas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(1): 15-21. Mora, A., Ireta F.H.M., Rodríguez P.J.E. y Martínez S. (2006). Acondicionamiento osmótico de las semillas de *Brassica oleracea* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 95-102.
- Moreira, C.N. (1988). *Semillas, Ciencia, Tecnologia y Produccion.*; Facultad de Ciencias Veterinarias del Campus de Jaboticabal de la UNESP. 220 p.
- Moreno, M.E. (1984). *Análisis físico y biológico de semillas Agrícolas.* UNAM. México pp: 103-128.
- Moreno, M.E. (1996). *Análisis físico y biológico de semillas Agrícolas.* UNAM. México. 113 p.
- Murphy, D.J. (2001). Plant lipids – their metabolism, fuction and utilization. In: *plant biochemistry and molecular biology.* Lea P.J. and R. C .leegood (eds) second editions chichester, England pp. 119- 135.
- Nelson, D.L., and Cox. M.M. (2006). *Lehninger principios de bioquímica* cuarta edición. Traducido por C.M. CUCHILLO. Ediciones Omega. Barcelona. España. 1119 p.
- Nerson H. and. Govers. (1986). Salt priming of muskmelon sedes for low-temperature germination. *Scientia Hort.* 28: 85-91.
- Nieembro, R.A. (1991). Causas que originan el envejecimiento de las semillas de las plantas leñosas. Revisión, Seminario. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche. México. 16 p.
- Nieembro, R.A. (1990). La composición química de las semillas y su efecto en la conservación. In. *Memoria del Seminario-Taller sobre investigaciones en semillas forestales,* Octubre 1988. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). Bogotá, Colombia. Pp. 111-118.

- Obispo, G.Q. (2000) Producción, control de calidad y acondicionamiento de semillas mejoradas. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales. Pp. 61-80.
- Ohto, M.S., Stone, L. and Harada, J. J. (2007). Genetic control of seed development and seed mass. *In* Bradford, K. J., and Nonogaki (eds). Seed development dormancy and germination annual plant reviews, volume 27. Blackwell publishing. Oxford UK. Pp. 1- 24.
- Özbigol, N., Corbineau F. and Come. D (1998). Responses of tomato seeds to osmoconditioning as relate to temperature and oxygen. *Seed Science Research* 8: 377-384.
- Özbigol, N., Corbineau, F. Come.D (1998). Responses of tomato seeds to osmoconditioning as relate to temperature and oxygen. *Seed Science Research* 8: 377-384.
- Parera, A.C., and Cantliffe. D.J. (1994). Presowing seed priming. *Horticultural Review* 16: 109-141.
- Perry, D. A. (1980). El concepto de vigor de semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas, *In*: Hebblethwaite, P.D. (ed.). *Producción Moderna de Semillas*. Traducido al español por Stanham, F. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. pp: 693-701.
- Pichardo, G. J. M. (2010). Expresión fisiológica y bioquímica del deterioro natural y artificial de semillas de *Physalis ixocarpa* Brot. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 140 p.
- Pill, W.G. (1995). Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. P 319-359. *In*: A.S. Basra (ed.). *Seed quality-Food Products Press*, New York.
- Priestley, D.A. (1986). Seed ageing: Implications for seed storage and persistence in the soil. Comstock Publishing Ass. Cornell University Press. Ithaca NY USA. 304 p.
- Roberts, E.H. (1973). Predicting the storage life of seed science and technology 1: 499-514.
- Salinas, A.R., Yoldjian, A.M. Cravioto R.M y Bisaro. V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36(2): 371-379.
- Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). (2012). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. (SIACON). Centro de Estadística Agropecuaria.
- Singh, A.R., and Makne. V.G. (1985). Correlation studies in seed viability and seedling vigour in relation to seed size in sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Seed Sci. and Tech.* 13: 139-142.
- Smith, P.T., and Coob B. G. (1991). Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. *HortScience* 26: 417-419.
- Statistical analysis system (SAS Institute). (1999). The SAS system for windows version eight. Cary, NC, USA , 550 p.

- Stofella, P.J., Lipucci, P. Pardosi A. and Tognoni. F. (1992). Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregermination of bell pepper. *Hortsci.* 27 (3): 214-215.
- Sun, W.Q., Davison P. and Chan. H.S.O. (1998). Protein stability in the amorphous carbohydrate matrix: relevance to anhydrobiosis. *Biochemica et Biophysica Acta.* 1425: 245-254.
- Tarquis, A.M., Bradford K.J. (1992). Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany* 43(248): 307-317.
- Thakur, A.S. Thakur P., Bharway. J. (1997). Influence of seed osmoconditioning on germination potential and seedling performance of bell pepper. *Seed Research* 25: 25-30.
- Thanos C.A., Georghiu K and Passam. H.C. (1989). Osmoconditioning and ageing of pepper seed during storage. *Ann. Bot.* 63: 65-69.
- Trigo, M.F.O.O., Nedel, J.L. García A. y Trigo. L.F.N. (1999). Efeitos do condicionamiento osmótico com solucoes aereadas de nitrato de potasio no desempenho de sementes de cebola. *Rev. Bras. Sementes.* 17: 171-178.
- Walters, C., Landre. P., Hill. L., Corbineu F. and Bailly. C. (2005). Organization of lipid reserves in cotyledons of primed and aged sunflower seeds *planta* 222: 397-407.
- Warley, M.N. (2003). Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agric.* 60 (1): 71-75.
- Welbaum, G. E., Zhengxing S, Oluoch O.M., Jett. L.W. (1998). The evolution and effects of priming vegetables seeds. *Seed Technology* 20(2): 209-235.
- Wiggans, S.C., Gardner F.P. (1959). Effectiveness of various solutions for simulating drought conditions as measured by germination and seedling growth. *Agronomy Journal* 51: 315-318.
- Yanmaz, R. (1994). Effects of pre-sowing PEG (polyethylene glycol) treatments on the germination and emergence rate and time of carrot seeds. *Acta Horticulturae* 362: 229-234.