

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto del Pre-Acondicionamiento de Semillas en el Crecimiento
y Desarrollo de Plántulas de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.)
Usando Soluciones Orgánicas

Por:

ELIZABETH MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre 2014

Dedicación

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

La pro
Dom

Efecto del Pre-Acondicionamiento de Semillas en el Crecimiento
y Desarrollo de Plántulas de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.)
Usando Soluciones Orgánicas

Por:


ELIZABETH MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada

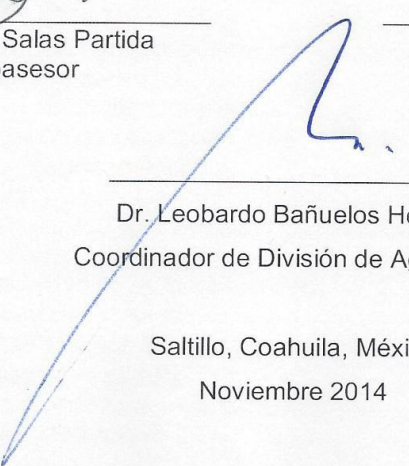


Ing. Abel Salas Partida
Coasesor

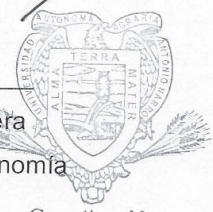
Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Asesor Principal



Dr. Juan José Galván Luna
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2014

Dedicatoria.

La presente tesis está dedicada a Fidel Martí y al Frente Estudiantil Democrático (FED).

Índice

1.	RESUMEN	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
3.	OBJETIVOS	5
3.1.	Objetivo general.....	5
3.2.	Objetivo específico	5
4.	HIPÓTESIS	6
5.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
5.1.	Características del cultivo de pimiento morrón	7
5.1.1.	Clasificación taxonómica de la especie.....	7
5.1.2.	Principales cultivares.....	7
5.1.3.	Variedades comerciales de Pimiento dulces	9
5.1.4.	Requerimientos climáticos.....	10
5.1.5.	Importancia económica	14
5.2.	Pre-acondicionamiento de semillas	15
5.2.1.	El Pre-acondicionamiento.....	15
5.2.2.	Bases fisiológicas y programa de desarrollo.	20
5.2.3.	Efecto del pre-acondicionamiento de semillas	24
5.2.4.	Tipos de agentes acondicionadores empleados	27
5.2.5.	Pre-acondicionamiento de semillas de pimiento morrón	28
5.3.	Agricultura Orgánica y acondicionamiento osmótico de semillas.....	31
5.3.1.	Agricultura orgánica.....	31
5.3.2.	Acondicionamiento de semillas en agricultura orgánica	32
5.3.3.	Soluciones pre-acondicionadoras permitidas en agricultura orgánica....	34
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
6.1.	Localización del sitio experimental.....	36
6.2.	Material vegetativo	36
6.3.	Determinación de tratamientos	36
6.4.	Preparación de soluciones pre-acondicionadoras	37
6.5.	Pre-acondicionamiento	37
6.6.	Siembra.....	38
6.7.	Variables.....	38
6.7.1.	Porcentaje de germinación (PG)	38
6.7.2.	Velocidad de emergencia (VE).....	38
6.7.3.	Altura de la planta.....	38
6.7.4.	Peso seco de la parte aérea.....	39
6.7.5.	Peso seco de raíz.....	39
6.7.6.	Peso seco total	39
6.8.	Diseño experimental	39
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40

7.1.	Porcentaje de emergencia.	40
7.2.	Velocidad de emergencia.....	44
7.3.	Altura de la planta.	47
7.4.	Peso seco de la parte aérea (PSF).....	57
7.5.	Peso seco de raíz	60
7.6.	Peso seco total.	63
8.	CONCLUSIONES.....	67
9.	LITERATURA CITADA.....	68
	ANEXO 1. METODO DE PREPARACIÓN DE EXTRACTO DE AJO.....	78
	ANEXO 2. GRAFICAS.	79
	ANEXO 3. BASE DE DATOS.....	87

Índice de cuadros

Cuadro. 5.1 Temperaturas requeridas °C para pimiento Morrón en las distintas fases de desarrollo (Valdés, 2011).....	11
Cuadro. 6.1 Descripción de los tratamientos.....	37
Cuadro. 7.1 Medias de Porcentaje de germinación con 24 h de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	42
Cuadro. 7.2 Análisis de varianza del porcentaje de germinación a un tiempo de inmersión de 24 horas de pre-acondicionamiento.....	43
Cuadro. 7.3 Medias de porcentajes de germinación 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	43
Cuadro. 7.4 Análisis de varianza de porcentaje de germinación de 48 horas de pre-acondicionamiento.....	44
Cuadro. 7.5 Medias de velocidad de emergencia de 24 horas de pre-acondicionamiento.....	45
Cuadro. 7.6 Análisis de varianza de la velocidad de emergencia para 24 horas de pre-acondicionamiento.....	45
Cuadro. 7.7 Medias de velocidad de emergencia de 48 horas de pre-acondicionamiento.....	46
Cuadro. 7.8 Análisis de varianza para de velocidad de emergencia a 48 horas de pre-acondicionamiento.....	47
Cuadro. 7.9 Medias de altura (20 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	49
Cuadro. 7.10 Análisis de varianza de altura (20 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento.....	50
Cuadro. 7.11 Medias de altura (20 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento	

vs tratamiento.....	51
Cuadro. 7.12 Análisis de varianza de altura de planta (20 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento.....	51
Cuadro. 7.13 Medias de altura (30DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	53
Cuadro. 7.14 Análisis de varianza de altura (30 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento.....	54
Cuadro. 7.15 Medias de altura (30 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	54
Cuadro. 7.16 Análisis de varianza (30 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento.....	55
Cuadro. 7.17 Medias de altura (35 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	55
Cuadro. 7.18 Análisis de varianza de altura (35 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento.....	56
Cuadro. 7.19 Medias de altura (35 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	56
Cuadro. 7.20 Análisis de varianza de (35 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento.....	57
Cuadro. 7.21 Medias de peso seco de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	58
Cuadro. 7.22 Análisis de varianza de peso seco de parte aérea de 24 horas de pre-acondicionamiento.....	58
Cuadro. 7.23 Medias de peso seco de 48 horas pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	59

Cuadro. 7.24 Análisis de varianza de peso seco de parte aérea de 48 horas de pre-acondicionamiento.....	60
Cuadro. 7.25 Medias de peso seco de raíz de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.....	61
Cuadro. 7.26 Análisis de varianza de peso seco de raíz de 24 horas de pre-acondicionamiento.	61
Cuadro. 7.27 Medias de peso de raíz de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.	62
Cuadro. 7.28 Análisis de varianza de peso seco de raíz de 48 horas de pre-acondicionamiento.	63
Cuadro. 7.29 Medias de peso seco total de 24 horas de pre-acondicionamiento.	64
Cuadro. 7.30 Análisis de varianza de peso seco total de 24 horas de pre-acondicionamiento	64
Cuadro. 7.31 Medias de peso seco total de 48 horas de pre-acondicionamiento.	65
Cuadro. 7.32 Análisis de varianza de peso seco total de 48 horas de pre-acondicionamiento	66

1.RESUMEN

En México la producción de chiles, pimientos picantes y pimientos verdes ocupan el noveno lugar después del maíz y tomate. Entre las principales hortalizas frescas más demandas se encuentra el pimiento, de acuerdo a datos obtenidos de TRADEMAP (*Trade statistics for international business development*) en 2010 y México se encuentra entre los 24 países exportadores de este producto en el año 2013. Sin embargo, una de las limitantes para la explotación económica de cultivares de chile, entre ellas el pimiento morrón, es que se ve dificultado por su mecanismo germinativo lento y por la alta desuniformidad que presenta el proceso de germinación y de emergencia (Ruiz *et al.*, 2007). Existen tratamientos para el pre-acondicionamiento de semillas que permiten reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia de plántulas y mejoran la sincronización de emergencia en el campo (Sánchez *et al.*, 2001). En este estudio se pre-acondicionaron semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) variedad California wonder en soluciones orgánicas aceptables por las normas establecidas para la agricultura orgánica para evaluar el crecimiento y desarrollo de plántulas. Los tratamientos que se utilizaron son: Agua, Ajo b, Ajo a, Lombriz b, Lombriz a, Fosfórica b, Fosfórica a, Sal b, Sal a, y un Testigo absoluto, pre-acondicionando las semillas a dos tiempos 24 y 48 horas. De acuerdo a los resultados obtenidos el tratamiento Agua a 48 horas de pre-acondicionamiento fue el que permitió acelerar, uniformizar e incrementar el porcentaje de germinación final en semillas, y registró las mejores alturas para las mediciones de 20, 30 y 35 DDE (Días después de emergencia); sin embargo en las variables relacionadas con el incremento de biomasa en la etapa de plántula no se observaron diferencias significativas.

Palabras claves: *pre-acondicionamiento, pimiento morrón, agricultura orgánica.*

2.INTRODUCCIÓN

La producción de chiles, pimientos picantes y pimientos verdes a escala mundial (2012-2013) según la FAOSTAT (The Statistics Division of the FAO) se localiza principalmente en China, China continental, México, Turquía e Indonesia. En México la producción promedio de chiles, pimientos picantes y pimientos verdes es de 2 379 736 toneladas (FAOSTAT, 2013).

Las superficies dedicadas al cultivo de los distintos tipos de variedades varía considerablemente en cada país, en función de usos y costumbres, volumen y destino de las exportaciones, etc., dominando en los países africanos y asiáticos los tipos picantes, en los países de la Europa occidental los tipos dulces, en los de Europa oriental tienen gran importancia los de tipo paprika o para pimentón y en América tanto los picantes como dulces (Castillo, 2009).

A nivel mundial el producto chiles, pimientos picantes y pimientos verdes ocupan el doceavo lugar y en México ocupan el noveno lugar después del maíz y tomate. El pimiento se encuentra entre las principales hortalizas frescas más demandadas, de acuerdo con datos obtenidos de TRADE MAP (Trade statistics for international business development) en 2010, las exportaciones de pimiento morrón en México fueron adquiridas principalmente por Estados Unidos de América con un total 640,671 toneladas. Sin embargo, una de las limitantes para la explotación económica de cultivares de Chile, entre ellas el pimiento morrón, es que se ve mermado por su mecanismo germinativo lento y por la alta desuniformidad que presenta el proceso de germinación y de emergencia (Ruiz *et al*, 2007). Para ello existen tratamientos pre germinativos de hidratación-deshidratación (Sánchez *et al.*, 2001), que permiten reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia de plántulas y mejoran la sincronización de emergencia en el campo.

Estos tratamientos consisten en la inmersión de las semillas en agua o en soluciones osmóticas durante cierto tiempo, con deshidratación previa a la siembra, o sin ella (Heydecker *et al.* 1973, Khan *et al.* 1978, Henckel 1982) y permiten que una gran proporción de las mismas alcance rápidamente el nivel de humedad y el estado metabólico deseado; como consecuencia de la activación de numerosos procesos bioquímicos-fisiológicos relacionados con la germinación, la tolerancia al estrés ambiental y la reparación de daños celulares (Bailly *et al.*, 2000). Dentro de los tratamientos pre germinativos se encuentran: los acondicionadores y osmo acondicionadores que pretenden básicamente mejorar la germinación e incrementar la producción de las plantas (rendimientos); los tratamientos revigorizadores procuran incrementar la germinación de las semillas envejecidas; por último, los tratamientos robustecedores pretenden incrementar la tolerancia de las plantas resultantes de las semillas tratadas a condiciones adversas del medio como la sequía, las altas temperaturas, la salinidad y a otros factores desfavorables del ambiente (Sánchez y Muñoz, 2003).

Las semillas de pimiento morrón son tratadas generalmente mediante acondicionamiento osmótico para mejorar la germinación y para evaluar los efectos que tienen las soluciones osmóticas en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Las principales sustancias usadas en el acondicionamiento de pimiento son agua (Sánchez *et al.*, 1999 citado por Sánchez y Muñoz, 2003) y soluciones osmóticas como polietilenglicol (Heydecker *et al.*, 1975; Yaklick y Orzolek, 1977; Ruiz *et al.*, 2007), KNO₃ (Sachs *et al.*, 1980; Sundstrom y Edwards, 1989; Bradford *et al.*, 1990), KCl, NaCl, K₂SO₄, Na₂SO₄, NaCl 1: 1 de CaCl₂ (mol / mol), Ca (NO₃)₂, CaCl₂, Na₂HPO₄ (Smith y Greg, 1991). En cuanto a lo correspondiente a la agricultura orgánica actualmente existe muy poca información sobre la utilización de soluciones y/productos permitidos por este tipo de agricultura en el tratamiento de semillas que permitan generar una vía alterna para reducir o eliminar la dependencia del uso de productos químicos.

El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar el efecto de cinco soluciones orgánicas: extracto de ajo, humus de lombriz, roca fosfórica, sal de mar y agua en el crecimiento y desarrollo de plántulas de pimiento morrón para ser utilizadas en la agricultura orgánica.

3.OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento y desarrollo de plántulas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* var. California wonder) usando soluciones orgánicas de acondicionamiento permitidas en agricultura orgánica.

3.2. Objetivo específico

Determinar cuál solución acondicionadora tiene mejores resultados en el crecimiento y desarrollo de Pimiento morrón.

4.HIPÓTESIS

Se espera que al menos una solución acondicionadora presente diferencias en la germinación, crecimiento y desarrollo de plántulas de pimiento morrón, en comparación con el testigo.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Características del cultivo de pimiento morrón

5.1.1. Clasificación taxonómica de la especie.

El pimiento pertenece a la familia de Solanácea que incluye al tomate, papa y berenjena, además de cinco especies domesticadas del género *Capsicum* (Grajales, 2012). Taxonómicamente el pimiento morrón se clasifica como:

Clase: ***Angiosperma***

Subclase: ***Dicotiledónea***

Súper orden: ***Simpetala***

Orden: ***Tubifloral***

Familia: ***Solanacea***

Género: ***Capsicum***

Especie: ***annuum L***

5.1.2. Principales cultivares

De acuerdo con el IPGRI, 1983 (El Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos), el género *Capsicum* cuenta con unas 22 especies silvestres y 5 especies domesticadas (*C. annum*, *C. frutescens*, *C. pubescens*, *C. pendulum* y *C. sirvensis*). De ellas, *C. annum* es la especie de mayor importancia económica en México y en el mundo (Grajales, 2012).

La especie *C. annum* comprende seis variedades de las cuales *C. annum* var. *grossum*, *C. annum* var. *longum*, *C. annum* var. *acuminatum* y *C. annum* var. *abveriatum*, son productoras de los diversos y numerosos tipos y clones de pimiento de consumo, tanto dulces como picantes; en contraste las

especies *C. annuum* var. cerasiforme y *C. annuum* var. fasciculatum presentan plantas con frutos de tamaño pequeño y resistentes, debido a sus características son comúnmente empleadas en jardinería.

A continuación se describen de forma general las características presentes en las variedades a la especie *C. annuum* (Nuez *et al.*, 2003).

C. annuum var. Grossum

Plantas herbáceas de 60 cm de altura poco ramificadas, con hojas grandes (7-12 mm) y penduladas. Sus flores son de tamaño medio (12-20 mm) con el cáliz normalmente abrazado a la base de los frutos. El fruto es de tamaño grande, puede ser erecto o colgante. De coloración rojo, verde en la madurez y, cuando no están maduros, pueden presentar diversas tonalidades de verde. La forma de los frutos es globosa-ovalada, suelen presentarse variaciones, desde largas y anchas hasta otras en las que la longitud duplica a la anchura: la longitud puede sobrepasar los 12 cm. Los pimientos suelen ser lobulados en el extremo opuesto del pedúnculo.

C. annuum var. Longum

Plantas herbáceas de 70 cm de altura, poco ramificadas con hojas grandes de 10 cm de longitud y 6 cm de anchura. Las flores son grandes con corola de color blanquecino de 20-30 mm de diámetro. Los frutos tienen el doble de longitud que de anchura, son de forma prismática carnosos y de sabor dulce.

C. annuum var. Acuminatum

Plantas de hasta 70 cm de altura y abundante follaje con flores medianas de 12-30 mm de diámetro y cáliz abrazado al fruto; éste es largo, agudo, erecto o péndulo. La anchura representa la décima parte de su longitud. Los pimientos son solitarios o en mazos de dos o tres.

C. annuum var. abveriatum

Plantas pequeñas con hojas ovaladas de 5-10 cm de longitud, cáliz sésil, corola grande abierta de 2-3 cm. El fruto es globoso-acorazonado, terminado en punta o ligeramente alargado y de longitud superior a la anchura. La superficie es lisa asurcada y poco rugosa.

C. annuum var. *cerasiforme*

Las plantas son pequeñas con hojas de 3-8 cm de forma ovalada u oblonga, corola grande de 2 cm de diámetro. Los frutos son esféricos o ligeramente alargado (2-4 cm de diámetro) liso o muy poco rugoso.

C. annuum var. *fasciculatum*

Tallos herbáceos y redondos con ramificaciones poco inmensas, hojas son de forma lanceoladas elíptica, puntiagudas en ambos extremos. Frutos erectos de unos 7 cm de longitud y 1 cm de grosor.

5.1.3. Variedades comerciales de Pimiento dulces

Entre las variedades comerciales o cultivares que se encuentran agrupadas como “pimiento dulce”, a continuación se mencionan algunas:

- De frutos más o menos alargados: Cornicabra, Marconi, Dulce Italiano.
- De fruto grueso y de sección redondeada, triangular, aplanada o cuadrangular: Dulce grueso de España, Morrón, California Wonder y los híbridos Lamuyo, Gedeón, Argos, Toledo, Esterel, Bruyo, Pacific, etc.

También presentan variación en el color al momento de alcanzar su madurez. La cosecha se puede realizar en verde (estado inmaduro) o en color rojo si se requiere consumir en su estado maduro. Actualmente existen cultivares especiales que maduran en amarillo, naranja o púrpura (Dewitt y Bosland, 1996). Las principales variedades de pimiento dulce son tres (Valdés, 2011):

Tipo california frutos cortos (7-10 cm), anchos (6-9), con tres o cuatro

cascos bien marcados, con el cáliz y la base del pedúnculo por debajo a nivel de los hombros y de carne más o menos gruesa (3-7 mm). Son los cultivares más exigentes en temperatura, por lo que la plantación se realiza temprano (desde mediados de mayo a comienzos de agosto, dependiendo de la climatología de la zona), para alargar el ciclo productivo y evitar problemas de cuajado con el descenso excesivo de las temperaturas nocturnas.

Tipo Lamuyo: denominados así en honor a la variedad obtenida por el INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica de Francia), con frutos largos y cuadrados de carne gruesa. Los cultivares pertenecientes a este tipo suelen ser más vigorosos (de mayor porte y entrenudos más largos) y menos sensibles al frío que los de tipo California, por lo que es frecuente cultivarlos en ciclos más tardíos.

Tipo Italiano: frutos alargados, estrechos, acabados en punta, de carne fina, más tolerantes al frío, que se cultivan normalmente en ciclo único, con plantación tardía en septiembre u octubre y recolección entre diciembre y mayo, dando producciones de 6-7 kg.m⁻².

5.1.4. Requerimientos climáticos

Los factores ambientales son fundamentales para el funcionamiento adecuado de del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

5.1.4.1. Temperatura y humedad relativa

En periodo de crecimiento admite HR superiores a 70%. Pero en periodo de floración y cuajado la humedad relativa óptima está entre el 50-70%. Con humedades superiores se corre el riesgo de padecer enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de las flores y de frutos recién cuajados

(Castillo, 2009).

El pimiento es un cultivo de estación cálida y comparado con otras especies de solanáceas necesita de temperatura más altas que el tomate, y más bajas que la berenjena (Grajales, 2012). En el cuadro 1 se mencionan las temperaturas óptimas requeridas.

Cuadro. 5.1 Temperaturas requeridas °C para pimiento morrón en las distintas fases de desarrollo (Valdés, 2011).

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURAS (°C)		
	ÓPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración fructificación	y26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

Las plantas de pimiento sometidas a temperaturas por debajo de 8-10 °C, suelen no presentar crecimiento vegetativo, lo que puede provocar endurecimiento y a su vez, pueden ocasionar un exceso de cuajado de frutos pequeños y de mala calidad. En contraste temperaturas altas pueden ocasionar un exceso de cuajado de frutos pequeños y de mala calidad. También pueden mermar la calidad del fruto por pérdida de tamaño y color más deficiente, siendo también mayor la incidencia de la necrosis apical (Grajales, 2012).

5.1.4.2. Luz

El pimiento es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en la etapa de floración. Si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se

pueden producir frutos con presencia de rayas, quemaduras de los mismos y coloración irregular a la madurez.

Un follaje abundante ayudará a prevenir los efectos de quemadura ocasionados por los rayos del sol. Los niveles adecuados de potasio y calcio mantendrán turgente y fuerte a las células provocando que estas sean más resistentes a la pérdida de agua y consecuentemente, también a la quemadura del sol (Alpi y Tognoni, 2000).

El tiempo de desarrollo de las plantas de pimiento está influenciado directamente por el fotoperiodo que por la intensidad de la luz. Variedades de día corto bajo un mismo régimen de temperatura (25-35°C) florecen más temprano en condiciones de un fotoperiodo corto (por ejemplo 10 horas) que bajo condiciones de un fotoperiodo largo (por ejemplo 16 horas) (Grajales, 2012).

5.1.4.3. *Suelo*

El cultivo de pimiento morrón se adapta a numerosos tipos de suelo, siempre que estén bien drenados, ya que es una planta muy sensible a la asfixia radicular. Por ello, los suelos profundos, bien aireados, permeables y ricos en materia orgánica, son los que reúnen las mejores cualidades para el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas. Los suelos franco-arenosos son los más ideales para el cultivo ya que por presentar raíz pivotante profunda (70 cm) requiere de suelos no compactos, ni arcillosos para facilitar la penetración de la raíz.

Los valores de PH ideales son 6.0 y 6.5 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5.5 a 7 (Valdés, 2011).

5.1.4.4. Riego

El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar un alto rendimiento y una alta calidad. Al aire libre, el pimiento puede necesitar hasta 4 500 m³ ha⁻¹ de agua, y en invernaderos hasta 8 000 m³ ha⁻¹. La fertirrigación diaria con cantidades pequeñas de nutrientes evitará el stress por sal (salinidad) en la zona radicular o el agotamiento temprano de nutrientes (falta de nutrición), como podría ser el caso si se llevaran aplicaciones semanales de fertilizantes (Berrios *et al.*, 2007).

La escasez de agua producirá un crecimiento reducido en general, y una absorción escasa de calcio en particular, conduciendo al desequilibrio por deficiencia de calcio, mostrado en la fruta necrosis apical. La floración es afectada negativamente ocasionando abscisión de flores (Katerji *et al.*, 1993). El estrés por falta de agua hasta las primeras etapas de crecimiento de la planta reduce la cosecha en forma similar al estrés uniforme durante todo el ciclo del cultivo. El estrés por la escasez de agua afecta el crecimiento del pimiento, reduciendo el número de las hojas y el área foliar, resultando en una menor transpiración (Grajales, 2012). La densidad de raíz reduce un 20% bajo condiciones de estrés de escasez de agua, comparada con plantas suficientemente regadas (Berrios *et al.*, 2007).

Por otro lado el exceso de agua causará muerte de raíz debido a la condición anaeróbica que presentará el suelo, también habrá retraso de la floración y desordenes en la fructificación por ejemplo partidura sobre la capa de cutícula del fruto.

El agua de riego con un pH elevado generalmente contiene concentraciones considerables de bicarbonatos y carbonatos, tanto de calcio como de magnesio. Se recomienda la acidificación del agua para reducir el pH entre rangos de pH 5-6 antes que ésta llegue a la planta. Esta cualidad mejorará la disponibilidad de ciertos nutrientes, tales como fósforo (P), hierro

(Fe), Zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y boro (B). Evitando la precipitación de sales insolubles que podrían bloquear el sistema de riego particularmente el efectuado por goteo (Berrios *et al.*, 2007).

5.1.5. Importancia económica

De acuerdo a la FAOSTAT (The Statistics Division of the FAO) el promedio de 2012-2013 los principales productores de chiles, pimientos picantes y pimientos verdes a escala mundial son: China con 16 023 500 millones de toneladas, China continental, México, Turquía e Indonesia. El producto chiles, pimientos picantes y pimientos verdes ocupan el doceavo lugar a nivel mundial. En México la producción promedio del año 2012-2013 de chiles, pimientos picantes y pimientos verdes es de 2 379 736 millones de toneladas. Entre las 20 producciones más importantes de alimentos y productos agrícolas, el pimiento ocupa el noveno lugar después del maíz y del tomate (FAOSTAT, 2013).

Las superficies dedicadas al cultivo de los distintos tipos de variedades varía considerablemente en cada país, en función de usos y costumbres, volumen y destino de las exportaciones, etc., dominando en los países africanos y asiáticos los tipos picantes, en los países de la Europa occidental los tipos dulces, en los de Europa oriental tienen gran importancia los de tipo paprika o para pimentón y en América tanto los picantes como dulces (Castillo, 2009).

Siendo el pimiento entre las principales hortalizas frescas más demandadas. Datos obtenidos de TRADE MAP (*Trade statistics for international business development*) las exportaciones de pimiento morrón en México fueron adquiridas principalmente por Estados Unidos de América con un total de 640, 671 toneladas en 2010. Según datos estadísticos de la FAOSTAT (*The Statistics Division of the FAO*) el consumo de pimiento morrón en EE.UU en 2007 fue de 19 kg por persona al año teniendo un suministro con una cantidad

de 58, 631. 00 toneladas (Lucero y Sánchez, 2012).

El éxito del pimiento radica en que es un cultivo con tres destinos de consumo: pimiento en fresco, para pimentón y para conserva. La demanda de los mercados de pimientos frescos durante todo el año, ha crecido espectacularmente y ha tenido como consecuencia el desarrollo del cultivo en invernaderos. Los invernaderos que se utilizan para la producción de pimiento morrón por lo general son de alta tecnología y, en consecuencia, de costo elevado, por lo que la inversión se justifica cuando el rendimiento por unidad de superficie y el precio del producto es alto. En general el pimiento en invernadero, por su calidad y sanidad, alcanza un precio hasta cinco veces mayor que el proveniente del cultivo a cielo abierto, sobre todo cuando se comercializa hasta que el fruto toma el color característico de la variedad (rojo, naranja, amarillo, crema, chocolate, morado) (Jovicich *et al.*, 2004).

5.2. Pre-acondicionamiento de semillas

5.2.1. El Pre-acondicionamiento

La calidad de las semillas de muchas especies cultivadas depende significativamente del grado de maduración que tengan éstas en el momento de la colecta de los frutos, del proceso de obtención y de su manejo posterior (Taylor *et al.*, 1998). Por consiguiente, el mejoramiento y producción de semillas sin insumos exógenos debe estar encaminado fundamentalmente al perfeccionamiento de los métodos de obtención y de almacenamiento de las semillas, y a la aplicación de técnicas fisiológicas a posteriori de la recolección de frutos o pos-cosecha, que recuperen el vigor inicial de los lotes. Un camino fisiológico conocido para resolver estos problemas es la aplicación de los tratamientos pre-germinativos de hidratación-deshidratación de las semillas, que han probado ser eficientes para mejorar el funcionamiento de las semillas frescas y envejecidas de diversos cultivos, tanto bajo condiciones ecológicas

óptimas como adversas (Sánchez *et al.*, 2001). De hecho, la hidratación de las semillas antes de la siembra constituye parte de la cultura tradicional campesina de muchos países, por ejemplo, los antiguos agricultores griegos remojan las semillas de pepino en agua o leche y miel antes de la siembra para aumentar la tasa de germinación y emergencia. Remojar las semillas en agua antes de la siembra ha sido práctica agrícola de los viejos tiempos (Janick *et al.*, 2010).

Estos procedimientos consisten en la inmersión de las semillas en agua o en soluciones osmóticas durante cierto tiempo, con deshidratación previa a la siembra, o sin ella (Heydecker *et al.* 1973, Khan *et al.* 1978, Henckel 1982) y permiten que una gran proporción de las mismas alcance rápidamente el nivel de humedad y el estado metabólico deseado; como consecuencia de la activación de numerosos procesos bioquímicos-fisiológicos relacionados con la germinación, la tolerancia al estrés ambiental y la reparación de daños celulares (Bailly *et al.*, 2000). Entonces los principales eventos celulares que activan los tratamientos de hidratación parcial en las semillas son: 1) mecanismos reparadores de las membranas, el DNA, las proteínas y las enzimas; 2) replicación del DNA; 3) la síntesis de proteínas y el RNA; y 4) los sistemas de defensas antioxidantes (eliminadores de radicales libres).

La utilización de los tratamientos pre-germinativos de hidratación-deshidratación en la práctica agrícola se ve limitada fundamentalmente por las siguientes causas: 1) la falta de estandarización u optimización de los tratamientos en cada especie, variedad o lote en particular; 2) por lo costoso que resulta la aplicación de los referidos métodos a grandes volúmenes de semillas; y 3) por la inadecuada extensión y divulgación en el medio rural y agronómico de los resultados obtenidos en especies de interés agrícolas (Sánchez, 1997).

A pesar de todo el intenso trabajo realizado en esta temática a principios del siglo XX, sólo algunas décadas después los tratamientos pre-germinativos

de hidratación-deshidratación volvieron a ser centro de interés para los científicos occidentales. Esto tuvo lugar a partir de la revisión de May *et al.* (1962) acerca de los resultados obtenidos por el fisiólogo P.A. Henckel y otros fisiólogos rusos, relacionados con la imbibición parcial de las semillas en agua y su comportamiento frente al estrés ambiental. Los tratamientos de hidratación parcial se conocen en la literatura científica internacional por el término de robustecimiento de semillas o “seedhardening” (Sánchez y Muñoz, 2003).

La era moderna de la pre-imbibición de las semillas la inaugura Heydecker y su grupo de investigación. Ellos desarrollaron una técnica simple pero fisiológicamente compleja, la cual consiste en la pre-imbibición de las semillas en soluciones de un agente osmótico bioquímicamente inerte (preferentemente polietilenglicol), durante cierto tiempo antes de transferir las mismas al agua, con o sin previa deshidratación (Sánchez *et al.*, 2001). Estos tratamientos se conocen en la terminología científica como acondicionadores de semillas o seed priming, revigorizadores de semillas o “seed reinvigoration” y osmo-acondicionadores de semillas o “seed osmoconditioning” (Janick *et al.*, 2010). En general, los tratamientos de hidratación-deshidratación de semillas también se conocen en la terminología científica como tratamientos de hidratación parcial, de humedecimiento-desección o de prehidratación (Sánchez *et al.*, 2001).

Los tratamientos de acuerdo a sus objetivos se describen a continuación: los acondicionadores y osmoacondicionadores pretenden básicamente mejorar la germinación e incrementar la producción de las plantas (rendimientos); los tratamientos revigorizadores procuran incrementar la germinación de las semillas envejecidas; por último, los tratamientos robustecedores pretenden incrementar la tolerancia de las plantas resultantes de las semillas tratadas a condiciones adversas del medio como la sequía, las altas temperaturas, la salinidad y a otros factores desfavorables del ambiente (Sánchez y Muñoz, 2003).

Hegarty (1978), plantea que los efectos de los tratamientos pregerminativos de hidratación parcial de las semillas dependen fundamentalmente de: 1) grado de hidratación que alcancen las semillas; 2) temperatura y duración del tratamiento; 3) nivel de aeración del medio; 4) cantidad de semillas; y 5) proceso de deshidratación. Por tanto, cada método que se desarrolle deberá tener en cuenta estos aspectos, que serán modificados de acuerdo a los objetivos de los investigadores.

Los métodos de hidratación parcial o preacondicionadores de semillas se agrupan en 2 categorías dependiendo si el suministro de agua a las mismas es controlado o no (Sánchez *et al.*, 2001). Las técnicas que limitan la toma de agua por las semillas son aquellas que emplean soluciones osmóticas, partículas sólidas o controlan la hidratación por la adición de cantidades limitadas de agua a volúmenes exactos de semillas (Janick *et al.*, 2010). Los métodos de imbibición parcial creados por Heydecker y Khan se basan fundamentalmente en la utilización de soluciones osmóticas, que permiten la hidratación de las semillas, en función del equilibrio de potenciales hídricos que se establecen en el sistema solución-semilla. Heydecker (1973) en su informe donde reconoce el término “priming” de semillas, propuso términos Osmoacondicionamiento o Acondicionamiento osmótico también llamados como halo priming (inmersión en soluciones salinas) o el “osmoprimig” (inmersión en otras soluciones osmóticas). Este proceso debe realizarse de tal forma que permita a las semillas absorber suficiente volumen de agua para desencadenar una serie de eventos bioquímicos-fisiológicos asociados con el proceso de pregerminación, pero no permite la emergencia de la radícula por limitaciones hídricas (Giménez *et al.*, 1993). Estos tratamientos osmóticos han sido aplicados extensivamente en pequeñas semillas de flores y en una gran cantidad de cultivos como hortalizas, leguminosas y cereales (Sánchez *et al.*, 2001; Janick *et al.*, 2010).

Los procedimientos que utilizan partículas sólidas son usados para incrementar el contenido de humedad de las semillas en un sistema en un

sistema controlado. Las semillas, las partículas sólidas y agua son los 3 componentes básicos de esta técnica (Taylor *et al.*, 1998). Estos tratamientos se conocen como acondicionamiento mátrico de las semillas o “matric priming seeds”, término introducido por Kubik y Taylor *et al.*, (1998) y emplean vermiculita o Micro-cel E (un silicato de calcio sintético, de alta capacidad de retención de agua) como medio de soporte (partícula sólida) y de imbibición de semillas. Por su parte Khan *et al.* (1995) demostraron que la duración del acondicionamiento mátrico y la proporción en que deben emplearse los componentes de este sistema (semilla: partícula sólida: agua) varían entre especies y lotes de semillas; por lo que las condiciones óptimas para aplicar este método deben determinarse empíricamente.

La hidratación parcial de las semillas por adición controlada de agua se conoce como acondicionamiento no osmótico o “drum priming”, el cual se ha desarrollado a gran escala para acondicionar semillas (Gray *et al.*, 1990). También se conoce como acondicionamiento hídrico de las semillas o “seed hydropriming”. Este tratamiento se basa en la relación que se establece entre volúmenes exactos de agua y semillas, permitiendo un suministro controlado de agua a las semillas (en un tiempo único o de forma escalonada) suficiente para lograr el acondicionamiento de las mismas, pero no la germinación (Rowse, 1996). El tiempo que las semillas están expuestas depende de las características de absorción de cada lote o especies en particular y del nivel de humedad que se desee conseguir.

Los tratamientos robustecedores también pueden considerarse como un método no osmótico que controla el nivel de humedad que se le suministra a las semillas (Henckel, 1982); sin embargo, este procedimiento es muy difícil de aplicar a grandes volúmenes de semillas, debido a que no todas alcanzan el mismo nivel de humedad durante la fase de hidratación parcial. Por otra lado, los tratamientos que no controlan el agua que toman las semillas es gobernada por la afinidad que se establece entre los tejidos seminales y el agua. En este

método el agua está libremente disponible a las semillas, no se controla por el ambiente que las rodea, sino en función del tiempo que se mantienen en contacto con suficiente cantidad de agua (Taylor *et al.*, 1998).

5.2.2. Bases fisiológicas y programa de desarrollo.

Generalmente, el suelo no ofrece las condiciones propicias que permitan a las semillas superar, por sí solas, las dificultades con las que se deben de enfrentar a la hora de la germinación y nacencia. Por ello, las semillas con cierta frecuencia están expuestas a condiciones desfavorables y pueden sufrir un estrés a temperas extremas, déficit o exceso de humedad, salinidad, pH desfavorable, costra, ataque de plagas y/o patógenos, etc. (Sánchez *et al.*, 2001 y Giménez *et al.*, 1993). De modo que la planta durante todo su ciclo está expuesta a estos tipos de estrés. El término estrés refleja la magnitud de presión ambiental que fuerza al cambio en la fisiología de una planta (Nilsen y Orcutt, 1996). Es difícil distinguir entre aquellas respuestas que repercuten negativamente y aquellas que tienen un efecto beneficioso en la planta. En general, los factores de estrés pueden ser bióticos- causados por la acción de animales, otras plantas, microorganismos y otros agentes fitopatógenos – y abióticos –como la sequía, salinidad, baja temperatura, calor, etc.- (Montoliu, 2010). Estos factores se consideran como fuentes de estrés, los cuales son detectados por la planta que desencadena mecanismos de respuesta. Estos sistemas de defensa sean desarrollados en la planta como resultado de un largo proceso evolutivo.

De acuerdo a una escala temporal, la respuesta de la planta puede dividirse en tres fases (Lambers *et al.*, 1998):

- Fase de alarma: es el efecto inmediato, ocurre en una escala de segundos a días. Las plantas al detectar el estrés reaccionan ralentizando o deteniendo sus funciones fisiológicas básicas, reduciendo su vigor. Mientras que las que no poseen mecanismos adecuados de defensa o de respuesta sufren daños irreversibles y

mueren. De igual manera sucede cuando la situación de estrés es muy intensa y supera la capacidad de respuesta de la planta. Por tanto, en general el efecto del estrés es de carácter perjudicial.

- **Aclimatación (Endurecimiento o Acomodación):** consiste en el ajuste morfológico y fisiológico que realiza la planta (como individuo) para compensar el peor funcionamiento de la misma después de la exposición. El resultado de la activación de los mecanismos defensivos o de respuesta es la acomodación del metabolismo celular a las nuevas condiciones, a la activación de los procesos de reparación celular dañada y a la expresión de las adaptaciones morfológicas.
- **Adaptación:** es la respuesta evolutiva que resulta de los cambios genéticos en las poblaciones, conduciendo a una compensación morfológica y fisiológica. Ocurre en una escala temporal mucho mayor que la aclimatación, y tras muchas generaciones.

El estímulo externo de peligro debe transformarse en una señal interna, de naturaleza física o química (Montoliu, 2010). Después, esta señal debe de transmitirse a través de cascadas (Pastori y Foyer, 2002) o rutas de transmisión de la señal hasta el núcleo de las células para que se produzca los cambios genéticos necesarios para hacer frente al estrés. Por lo tanto, los cambios en los niveles de determinados iones (calcio) y moléculas (lípidos, especies reactivas de oxígeno, especies antioxidantes, óxido nítrico) inducidos por las condiciones adversas advierten a la célula de que ha sido detectada una señal de estrés (Montoliu, 2010). Las hormonas son las encargadas de realizar una importante función en las rutas de transmisión intracelular de la señal de estrés. El ácido abscísico participa de forma activa en la señalización de muchas de las respuestas al estrés abiótico (Toumi *et al.*, 2010; Pastori y Foyer, 2002). También se han detectado implicadas otras hormonas, como el etileno, el ácido salicílico y el ácido jasmónico en la transmisión de la señal de infección por patógenos (Dempsey *et al.*, 1999; Jameson y Clarke, 2002; Vlot *et al.*, 2009).

Las respuestas de la planta dependen del genotipo y de la etapa de desarrollo en la que se encuentre en el momento del estrés, de la duración y severidad del mismo y de los factores ambientales que lo ocasionen. Una vez

activadas estas respuestas, la planta tiene la capacidad de reprimir las respuestas de crecimiento (incluso después de haber iniciado la etapa de desarrollo) y desencadenar mecanismos de protección y defensa que permitan asegurar la supervivencia de la planta abortando su desarrollo ante condiciones adversas, cuando nos referimos a un estrés abiótico (Montoliu, 2010). Ante un estrés biótico, las plantas han desarrollado sistemas de defensa efectivos para detener o contrarrestar la infección, ya que siempre están expuestas a un gran número de patógenos. Estos mecanismos son de dos tipos: constitutivos e inducidos por la presencia del patógeno. Los mecanismos constitutivos actúan deteniendo la entrada del patógeno con estrategias químicas (producción de sustancias tóxicas para los patógenos como alcaloides, fenoles y polifenoles, etc.) o estructurales como la cubierta protectora (cutícula) en todos los tejidos de la planta (Sepúlveda *et al.*, 2004). Mientras que los mecanismos inducidos por patógeno se activan una vez que éstos entran a la planta a pesar de las barreras constitutivas (Montoliu, 2010). Para detener la infección se genera una reacción más severa a nivel local, en el tejido que se encuentra en contacto directo con el patógeno, y más suave en los tejidos no infectados (Camarena, 2006). Para ello se refuerzan las barreras, tanto químicas como estructurales que los tejidos tienen de forma constitutiva. Por ejemplo se puede observar una necrosis rápida del tejido en el sitio de infección, fenómeno que es llamado respuesta hipersensitiva.

Entonces la respuesta (o respuestas) de una planta a un determinado estrés desencadena la activación de un gran número de compuestos y procesos (Montoliu, 2010). Algunos de estos compuestos y procesos son compartidos por las vías de respuesta a diversos tipos de estrés, lo que da lugar a la tolerancia cruzada, definida por Capiati *et al.* (2006) como el fenómeno por el cual la resistencia de una planta a un estrés provoca resistencia a otra forma de estrés. En particular, casi todas las respuestas al estrés se encuentran relacionadas con la presencia de especies reactivas de

oxígeno. La tolerancia cruzada de la planta puede ser utilizada para inducir tolerancia a factores bióticos o abióticos y mejorar su comportamiento agronómico frente a condiciones adversas, a través de un proceso apropiado de manejo (Patori y Foyer, 2002).

La planta también responde con una cascada o ruta de eventos celulares ante factores que no implican efectos perjudiciales en ella, como la presencia de microorganismos no patógenos. Estas cascadas comparten elementos con las cascadas que se originan como respuesta propiamente a un estrés, permitiendo inducir en la planta tolerancia a un determinado estrés de forma segura sin mayor riesgo para la planta. Por ejemplo, Huang *et al.* (2004) descubrieron que el Factor de Respuesta al Etileno 1 en Tomate (TERF1, por sus siglas en inglés) es el elemento común entre la vía de biosíntesis del etileno y la cascada de eventos en respuesta a cualquier estrés de tipo osmótico. Los mismos autores encontraron que la sobreexpresión inducida por vía de modificación genética de este factor en plantas de otra especie (de tabaco) permitió obtener plantas tolerantes a la salinidad. También Gallardo *et al.*,(1995), citado por Sairam y Tyagi, (2004), encontraron correlación entre la síntesis de etileno y la germinación de plántulas bajo condiciones de estrés osmótico.

Entonces basándonos en la explicación anterior se puede concluir que el programa de desarrollo de las plantas se modifica conforme cambia el ambiente de ésta. Por tanto algunos de los cambios son reversibles, mientras que otros no. De este modo, la interacción de las semillas con su ambiente modifican el programa de desarrollo futuro de la planta, lo que ha dado pauta al desarrollo de la tecnología de pre-acondicionamiento de semillas, o «seed priming» que permite orientar el programa de desarrollo hacia circunstancias favorables (Del Bosque, 2009). De modo que las semillas así obtenidas son clasificadas como semillas preparadas para poder germinar, también denominadas “primed seeds”. Se trata de semillas acondicionadas, aptas para germinar rápidamente

cuando sean sembradas, reduciendo riesgos y homogenizando la emergencia y alcanzando, además, objetivos específicos como prepararlas para condiciones de estrés. (Giménez *et al.*, 1993).

Existen técnicas de pre-acondicionamiento que permiten orientar el programa de desarrollo de la planta hacia el desarrollo de mecanismos de tolerancia a la fuente de estrés que se sabe encontrará la planta una vez establecida. De modo que no se puede pre-acondicionar las semillas en condiciones óptimas porque se induciría una modificación en su programa de desarrollo que no corresponde con las condiciones en donde se desarrollará y que además se generaría consecuencias negativas en rendimiento y sanidad. Por ejemplo, Killian y Villagra (2005) pre-acondicionaron semillas de *Daucus Carota* en soluciones de NaCl y obtuvieron buen porcentaje de germinación en 100 mM, además del crecimiento de longitud del vástago.

Por el contrario se puede pre-acondicionar semillas destinadas a condiciones con pocas fuentes de estrés que permiten promover en la planta un programa de desarrollo que no inutilice recursos energéticos en mecanismos de defensa frente a factores climáticos adversos (que se supone no existirán); para ello, las semillas son sometidas a pre-tratamientos de temperatura y humedad óptimos que permitan que el programa de desarrollo se oriente hacia ese fin.

5.2.3. Efecto del pre-acondicionamiento de semillas

Semillas pre-acondionadas por lo general presentan una mayor tasa de germinación, una mayor uniformidad de la germinación, y, a veces, mayor porcentaje total de germinación, en condiciones sub-óptimas una mejora en la germinación. El aumento de la tasa de germinación y la uniformidad se han atribuido a la reparación metabólica durante la imbibición, la acumulación de metabolitos para mejorar la germinación, el ajuste osmótico y, para las semillas que no se secan después del tratamiento, una simple reducción en la germinación (Sivasubramaniam *et al.*, 2011).

También se observa en los tratamientos de pre-acondicionamiento de semillas una modificación del crecimiento del eje embrionario y el desarrollo posterior de plántulas. La respuesta varía en función de las especies y las condiciones del pre-acondicionamiento, por ejemplo, el volumen de embriones y el número de células por embrión de puerro y cebolla no se modificaron por acondicionamiento (Gray *et al.*, 1990). En el mismo experimento y en las mismas condiciones, el volumen de embriones de zanahoria aumentó casi 50% y el número de células aumentó al doble. La ruptura progresiva del endospermo después de 9 h de acondicionado fue uno de los factores potenciales que representan un aumento de la germinación de semillas de lechuga 'Minetto' a alta temperatura (Guedes *et al.*, 1981).

En las últimas dos décadas, el acondicionamiento osmótico se ha convertido en un tratamiento común de semillas para aumentar la velocidad y la uniformidad de emergencia en muchas especies vegetales y flores. Así pues se han utilizado varios tratamientos de pre-siembra para reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia de las plántulas y para mejorar la sincronización de emergencia (Janick *et al.*, 2010). Se han realizado investigaciones acerca de los efectos de condición osmótica sobre la germinación de semillas normales y envejecidas mediante el análisis de contenido de azúcares totales y la actividad σ -amilasa. Lee y Kim (2000) observaron un mayor contenido de azúcares totales y la actividad- σ amilasa en semillas de arroz normales que en las semillas envejecidas. Las semillas envejecidas sometidas a una condición osmótica y endurecimiento aumentaron su cantidad total de azúcar y la actividad σ -amilasa.

Los principales eventos celulares que activan los tratamientos de hidratación parcial en las semillas son: 1) mecanismos reparadores de las membranas, el DNA, las proteínas y las enzimas; 2) replicación del DNA; 3) la síntesis de proteínas y el RNA; y 4) los sistemas de defensas antioxidantes (eliminadores de radicales libres) (Sánchez y Muñoz, 2003). Por ejemplo, en las

semillas de tomate la replicación del ADN comenzó después de 2 días de pre-acondicionadas y llegaron a un estado de equilibrio en 14 días (Bino *et al.*, 1992). Durante los 14 días de pre-acondicionadas, se observó la síntesis de ADN en embriones de puerro y se detectó sin división celular (Bray *et al.*, 1989). Sin embargo, cuando las semillas se pre-acondicionaron después de 6-9 h durante la posterior germinación, la síntesis de ADN se intensificó considerablemente en comparación con las semillas de puerro sin pre-acondicionar. El aumento del ADN y la síntesis de proteínas durante la germinación de las semillas pre-acondicionadas sólo se produjeron después de un período de 6-12 h.

En embriones de maíz extirpados de semillas pre-acondicionadas tienen más fosfolípidos y esteroides (76,2 y 8 ug, respectivamente) que en los embriones de las semillas no preferenciales (36,2 y 5 ug) (Basra *et al.*, 1988).

Estudios fisiológicos han indicado un aumento en las tasas de procesos metabólicos implicados en la germinación cuando semillas pre-acondicionadas se rehidratan. Después de la rehidratación, la respiración y la producción de ATP fueron mayores en semillas pre-acondicionadas de espinacas, coles, pimientos y berenjena que en las semillas no pre-acondicionadas (Mazor *et al.*, 1984). La deshidratación de las semillas pre-acondicionadas reduce los niveles de ATP, pero no por debajo de los de semillas no pre-acondicionadas. Sundstrom y Edwards (1989) reportaron una mayor respiración en semillas de pimiento "Jalapeño" pre-acondicionadas en comparación con un control; Sin embargo, el pre-acondicionado redujo la tasa de respiración en semillas de pimiento 'tabasco' (Janick *et al.*, 2010).

A partir de esta evidencia, es claro que el pre-acondicionamiento de semillas inicia la germinación potencialmente hasta el punto de la división celular. Después de la deshidratación y posterior re-imbibición, los procesos de germinación reanudan esencialmente donde fueron detenidas (Janick *et al.*,

2010).

5.2.4. Tipos de agentes acondicionadores empleados

Las principales sustancias aplicadas en los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación son las soluciones osmóticas y el agua. Remojar las semillas en agua antes de la siembra ha sido desde los viejos tiempos una práctica agrícola para reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia (Janick *et al.*, 2010). En un informe realizado por Wilkinson (1918) recomienda la colocación de semillas de rábano, frijol, maíz, pepino y calabaza en agua tibia durante la noche para aumentar la velocidad de germinación. Aunque investigadores recientes han recomendado la inmersión de semillas en agua caliente por cinco (Teles *et al.*, 2000) y por dos minutos (González *et al.*, 1998; González y Mendoza, 2008). En semillas de *Leucaena leucocephala* cv Perú tratadas con agua a 80°C por dos minutos en dos condiciones de almacenamiento (condiciones controladas y ambientales) durante siete años, se registró que la germinación en condiciones controladas hasta los 48 meses tenía el 98.5% y en condiciones ambientales a los 18 meses mostraba el 97.7% de germinación en relación al testigo que a los 48 meses mostró el 75.7%.Entonces se concluye que las semillas de *L. leucocephala* cv. Perú recién cosechadas presentan alrededor de 30% de dormancia y que pueden incrementar su germinación aplicándoles agua a 80°C por dos minutos (González y Mendoza, 2008).

Las soluciones osmóticas pueden dividirse en 2 grandes grupos: 1) Las soluciones compuestas por un polímero de alto peso molecular (de 100 hasta 20000) conocido como polietilenglicol (PEG) o Carbomax (nombre comercial) (Heydecker y Coolbear, 1977); 2) Las soluciones salinas; ampliamente utilizadas para osmoacondicionar, una mezcla de K_3PO_4 y KNO_3 , y otras sales como: $NaCl$, $MgSO_4$, NH_4NO_4 , $Ca(NO_3)_2$ y KH_2PO_4 ; y 3) las soluciones compuestas de azúcares (sacarosa o manitol) (Sánchez *et al.*, 2001 y Janick *et*

al., 2010) y Las sales inorgánicas, tales como KNO_3 , K_3PO_4 y polietilenglicol 6000 (PEG 6000) o el polietilenglicol 8000 (PEG 8000) son los materiales más comúnmente utilizados para ajustar el potencial osmótico (Janick *et al.*, 2010).

También se han reportado la utilización de jugos de frutas, es decir Manzana (Kaminsky, 1968), Guayaba (Bovey y Díaz, 1969), especies de cítricos (Bhatt *et al.*, 1975 y Ponappa *et al.*, 1976), Emblica (Ponappa *et al.*, 1976), Madera-Manzana (Sinha *et al.*, 1976) y Tomate (Santos *et al.*, 1979) para la regulación de la germinación de las semillas. Pero el efecto de estos jugos era inhibitorio para la germinación ya que las semillas dentro de la fruta no pueden germinar debido al efecto inhibitorio de la pulpa de la fruta.

En un estudio realizado donde se utiliza 17 extractos de frutas tropicales y templados (Sandía, tomate, Granada, Phalsa, Agua de Manzana, Anacardo-Manzana, guayaba, Mango, palma Negro, Pino-manzana, Carambola, limón, pera, ciruela y uva) para evaluar sus efectos sobre la germinación en semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y para identificar los componentes no hormonales de la pulpa de la fruta que regulan la latencia y la germinación se obtuvo que el extracto del tomate al 2% que contiene ácido ascórbico 0,30 mg/100 ml y 0,109% de azúcares totales aceleró su propia germinación de una manera significativa y también mostró un mejor vigor de las plántulas similar a la de pre-tratamiento con 0,20 mg/100 ml de ácido ascórbico (Debmalya *et al.*, 2008). El ácido ascórbico ha sido reportado como esencial para el crecimiento de las plántulas de tomate (Addison, 1955) y en éste estudio también se encontró que el pre-acondicionamiento con baja concentración de ácido ascórbico mantiene el crecimiento uniforme de plántulas y mejora el vigor de las plántulas, que también compatible con las observaciones en *Pisum sativum* (Burguieres *et al.*, 2007).

5.2.5. Pre-acondicionamiento de semillas de pimiento morrón

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de consumo popular,

especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado. Una de las limitantes para la explotación económica de cultivos de Chile, entre ellas el pimiento morrón, se ve dificultado por su mecanismo germinativo lento y por la alta desuniformidad que presenta el proceso de germinación y de emergencia (Ruiz *et al.*, 2007). Por otra parte, las condiciones ambientales variables y a menudo adversas que existen en el campo, impiden la obtención de un adecuado nivel poblacional. Se han utilizado tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación, para revigorizar semillas envejecidas, acelerar y uniformizar la germinación, e incrementar los rendimientos de los cultivos bajo condiciones óptimas y adversas (Aljaro y Wyneken, 1985).

Dentro de las investigaciones para mejorar la tasa de germinación de pimiento se encuentran, el pre-acondicionamiento de las semillas en soluciones de KNO_3 (Bradford *et al.*, 1990; Sachs *et al.*, 1980.), o en polietilenglicol (PEG) a -0.8 MPa (Yaklick y Orzolek, 1977) o - 1,15 MPa (Heydecker *et al.*, 1975). En soluciones de KNO_3 de 3,0% o 2,75% donde se trataron semillas de jalapeño (*Capsicum annuum*) y Tabasco (*C. frutescens* L.) se informó de un aumento en la tasa de germinación (Sundstrom y Edwards, 1989). De igual manera semillas de pimiento pre-acondicionadas osmóticamente demostraron que la velocidad de germinación más elevada corresponde a las semillas tratadas con NO_3 0.3 M o con agua destilada alcanzando una germinación de 85% tan sólo 5 días después de haber iniciado la imbibición en relación al testigo que tardan 12 días para alcanzar resultados similares (Giménez *et al.*, 1993). Sin embargo, Ghate y Phatak (1982) informaron de una disminución significativa en la tasa de germinación de semillas de pimiento cuando se pre-acondicionaron con solución K_2HPO_4 más $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

Además de las soluciones pre-acondicionadoras mencionadas también se han estudiado diversas soluciones salinas como: KCl, NaCl, K_2SO_4 , Na_2SO_4 , NaCl 1: 1 de CaCl_2 (mol / mol), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, CaCl_2 , Na_2HPO_4 que han permitido

saber a qué concentración no se permite la emergencia de la radícula y la influencia que este retraso tendría en la germinación. La germinación no fue inhibida en el rango de sal de 10 - 100 mM, aunque más de 200 y todas las soluciones de 300 mM redujo la emergencia de la radícula a <5,0%. Por ejemplo, en las soluciones de 200 mM de KNO₃, KCl, NaCl, y NaCl: CaCl₂, la germinación se efectuó a ritmo reducido, aunque el FGP (Porcentaje final de germinación) a los 17 días significativamente ($P < 0.01$) disminuyó (24%, 22%, 53%, y 17%, respectivamente) cuando se comparan con semillas germinadas en agua (Smith y Greg, 1991).

Además del estudio de la tasa de germinación del pimiento también se han realizado experimentos para determinar si el pre-acondicionamiento de semillas resulta benéfico después en la morfología de la raíz y el desarrollo de las plántulas. Stoffella *et al.* (1992) demuestran que las plántulas de pimiento “Early California Wonder” pre-acondicionadas tenían brotes más pesados y más altos que las plántulas provenientes de semillas no tratadas o pre-acondicionadas. Sin embargo, de acuerdo a la morfología de la raíz en plántulas provenientes de semillas pre-acondicionadas resultaron con diferencias mínimas en comparación con las semillas no tratadas.

También se ha determinado el tiempo de inmersión de las semillas en los tratamientos pre-acondicionadores, por ejemplo, en un estudio realizado por Ruiz *et al.*, (2007) en semillas de chile ancho tratadas con polietilenglicol (PEG 8000), con un potencial osmótico de -1.20 MPa por un periodo de 12 h mostró superior capacidad germinativa (84%) en comparación con el testigo (61%). A pesar de los buenos resultados obtenidos, los tiempos de inmersión más utilizados en estudios de pre-acondicionamiento son 24 y 48 h (Killian y Villagra, 2005; Ruiz *et al.*, (2007); Mora *et al.*, 2006; López *et al.*, 2012 entre otros).

5.3. Agricultura Orgánica y acondicionamiento osmótico de semillas

5.3.1. Agricultura orgánica.

La agricultura orgánica es un sistema productivo que propone evitar o eliminar completamente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola (Altieri, 1999). Mientras en la agricultura convencional se utiliza extensivamente fertilizantes y pesticidas químicos (Oelhaf, 1978) para asegurar una buena producción, que sólo será al inicio porque a mediano y largo plazo se reduce, ignorando y/o sobrepasando los principios ecológicos que han generado una crisis ambiental. La evidencia muestra también que la estructura del agro y las políticas existentes favorecen a las grandes fincas, la especialización de la producción, el monocultivo y la mecanización provocando que los agricultores que se van integrando a la economía sean premiados por el establecimiento de monocultivos (Altieri, 2000).

Por ejemplo, en las culturas indígenas existen sistemas agrícolas desarrollados a nivel local que incorporan rutinariamente mecanismos tales como la utilización de insumos renovables existentes en las regiones, así como los rasgos ecológicos y estructurales propios de los campos, es decir, se involucra en la agricultura además del cultivo de interés otros recursos. De tal manera que se acomodan los cultivos a las variables del medio ambiente natural, para protegerlos de la depredación y la competencia. Aunque esta herencia ha tenido poca importancia para los investigadores en agronomía por prejuicios relacionados con factores sociales tales como clase social, etnicidad, cultura y sexo, además de procesos históricos que no han facilitado la transmisión de estos conocimientos. A comienzos de la década de los ochenta se empezó a retomar este enfoque ligado al medio ambiente que permite mezclar las técnicas agrícolas conservacionistas tradicionales con tecnologías modernas (Altieri, 1999).

En México en 1996 se cultivaban de manera orgánica alrededor de 30 cultivos, para 2008 ese número se incrementó a 97, con una concentración de 97.3% de la superficie en 15 cultivos (Gómez *et al.*, 2008). Los principales cultivos por superficie son café (50%), hortalizas (10%), Aguacate (9%), Hierbas (8%), cacao (4%), Mango (3%), uva silvestre (3%), Agave (3%), coco (2%) y otros (8%) (CIIDRI, 2010). El 60% de los cultivos orgánicos se concentra en los estados de Chiapas, Oaxaca y Michoacán. Los primeros dos caracterizados por altos índices de marginación, el predominio del minifundio y la producción de cultivos tradicionales (CIIDRI, 2010 y Moguel y Toledo, 1999). De acuerdo a la superficie de producción orgánica el rambután representa el 80% de la superficie, el maracuyá (36.5%), el amaranto (19.2%) y el cacao (19%), cuyas superficies muestran una tendencia creciente (Gómez *et al.*, 2008).

Según la Encuesta Mundial realizada por el Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica (FiBL siglas en inglés, 2012) sobre la Agricultura Orgánica Certificada muestran que 1.6 millones de productores administraron de manera orgánica 37.5 millones de hectáreas de superficie agrícola en el mundo. Las regiones con las mayores áreas bajo agricultura orgánica son Oceanía con 12.1 millones de hectáreas (ha), Europa con 8.2 millones de ha. y América Latina con 8.1 millones de ha. Mientras que los países con las mayores extensiones de tierra de cultivo agrícola son China, Argentina y Australia.

5.3.2. Acondicionamiento de semillas en agricultura orgánica

Para fines agrícolas los tratamientos pre-germinativos de hidratación-deshidratación que se investigan en la actualidad son: a) la revigorización de semillas para recuperar vigor e incrementar la longevidad durante el almacenamiento, b) el acondicionamiento para incrementar, acelerar y sincronizar la germinación y el establecimiento, c) el acondicionamiento de semillas para eliminar la dormancia orgánica o impuesta y d) el robustecimiento de semillas para incrementar la germinación, el establecimiento y los

rendimientos de las plantas resultantes de los tratamientos, bajo condiciones ambientales adversas (Sánchez y Muñoz, 2003).

A pesar de que los tratamientos pre-germinativos descritos sean potencialmente útiles, estos no se utilizan masivamente en la práctica agrícola. Las razones fundamentales son: a) La tecnología desarrollada en los países occidentales se basa fundamentalmente en el empleo de soluciones hipertónicas de imbibición, utilizando para ello osmóticos perfectos (Sánchez *et al.*, 2001), sustancias poliméricas costosas en el mercado internacional. 2) La tecnología de robustecimiento desarrollado en Rusia (Henckel, 1982), se basa en las cantidades limitadas de agua a volúmenes exactos de semillas, modelo tecnológicamente difícil de aplicar a grandes volúmenes de semillas que se utilizan en la agricultura (Orta *et al.*, 1999).

Los tratamientos re-vigorizadores, acondicionadores y robustecedores de semillas deberán extenderse en la práctica productiva no sólo como una vía alternativa para mejorar el comportamiento agronómico de las plantas de interés agrícola, sino también como un medio para desarrollar la agricultura orgánica o sustentable, debido a que reducen o eliminan la dependencia de productos químicos (Sánchez *et al.*, 2001). Una de las limitantes para enfrentar el desarrollo de cultivos orgánicos son las inadecuadas facilidades para el acondicionamiento de los frutos y su ulterior refrigeración (Sánchez y Muñoz, 2003). La mayoría de los agricultores desde los viejos tiempos pre acondicionan las semillas en agua para reducir el tiempo entre la siembra y emergencia (Janick *et al.*, 2010) y en la actualidad lo siguen realizando. Por ejemplo, en Brasil en semillas frescas de algodón (*Gossypium hirsutum*), maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) se obtuvieron incrementos significativos en la germinación cuando las sometieron a tratamientos de hidratación parcial en agua y las sembraron bajo condiciones de estrés hídrico (Prisco *et al.*, 1992). En Cuba los tratamientos de hidratación parcial en agua se han empleado fundamentalmente en semillas frescas y envejecidas de hortalizas y de

forestales pioneras, también existen algunos reportes para semillas de leguminosas de interés forrajero (Orta *et al.*, 1983; Sánchez *et al.*, 2001).

Aunque se tienen suficientes evidencias acerca de la efectividad de los tratamientos pre-germinativos de hidratación-deshidratación para mejorar el funcionamiento de las semillas y el establecimiento de plantas, uno de los principales obstáculos para su comercialización se debe a la relativa complejidad de algunos de ellos y a la inadecuada extensión y divulgación de los resultados, en el medio rural principalmente ya que el 60% de los productores son indígenas (Moguel y Toledo, 1999; Sánchez y Muñoz, 2003).

5.3.3. Soluciones pre-acondicionadoras permitidas en agricultura orgánica.

De acuerdo a la Ley de Productos orgánicos, la Producción Orgánica se refiere a un sistema de producción y procesamiento de alimentos, productos y subproductos animales, vegetales u otros satisfactores, con un uso regulado de insumos externos, restringiendo y en su caso prohibiendo la utilización de productos de síntesis química (Ley de productos orgánicos, 2010).

Aún no existen lineamientos para regular el uso de soluciones pre-acondicionadoras para tratar las semillas, una de las razones es que no se ha divulgado extensivamente los resultados que se han obtenido en los experimentos realizados. Sin embargo se cuenta con un listado nacional de sustancias permitidas para la operación orgánica agropecuaria que deberán cumplir los productores orgánicos de acuerdo con los reglamentos nacionales (Organización de las naciones unidas (FAO) y Organización mundial de la salud (OMS, 1999). Para el uso de ciertas sustancias existen condiciones como precisar frecuencia de aplicación, volumen, finalidad específica, etc., las cuales deben de ser reconocidas por la entidad de certificación. En base a estas especificaciones nos basamos para el uso de soluciones pre-acondicionadores en los tratamientos pregerminativos.

Entonces se puede usar roca fosfórica (usado como fertilizante orgánico); sal de mar que no haya sido tratada químicamente (Janick *et al.*, 2010); ácidos húmicos (Ramos, 2000); extractos de Sandía, Granada, Phalsa, Agua de Manzana, Anacardo-Manzana, guayaba, Mango, palma Negro, Pino-manzana, Carambola, limón, pera, ciruela y uva, ajo y tomate (Debmalya *et al.*, 2008); agua (González y Mendoza, 2008; Janick *et al.*, 2010).

6.MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Localización del sitio experimental.

El experimento se estableció durante el ciclo agrícola primavera 2014, en el rancho “Las Enramadas” perteneciente a la empresa ALFA GRUPO TECNÓLOGICO S.A. DE C.V., que tiene un convenio con la universidad para llevar a cabo trabajos de investigación.

El rancho está ubicado en Sabinas Hidalgo, Nuevo León, por la carretera a Parás, Nuevo León a la altura del km 2 en las coordenadas 26°29'59.55"N y 100° 8'39.34"O. Sabinas Hidalgo tiene una altitud de 291 msnm, la temperatura media anual es de 23° C con una precipitación media anual de 550 mm; posee un clima cálido seco. La ciudad está ubicada a 100 kilómetros al norte de Monterrey N.L. y a 120 kilómetros al sur de Nuevo Laredo, Tamaulipas.

6.2. Material vegetativo

El material usado en este experimento fue pimiento morrón (*Capsicum annum*), de la variedad comercial California Wonder. Esta variedad de polinización abierta es una variedad de crecimiento determinado, porte medio aproximadamente de 60-80 cm de altura, de ciclo semi-precoz. Produce frutos de forma cuadrada, de 10 cm de longitud y 10 cm de ancho, con 3-4 cascotes, de color rojo brillante en madurez. El experimento se llevó hasta la etapa de formación de plántulas a los 35 días después de la emergencia (DDE).

6.3. Determinación de tratamientos

De acuerdo a las siguientes dos características fueron definidas las soluciones acondicionadoras (tratamientos): sean aceptables por las normas establecidas para la agricultura orgánica y existan reportes científicos o

elementos para plantear que pueden ser usadas en el acondicionamiento osmótico de semillas.

Los tratamientos de pre-acondicionamiento utilizados se muestran en el cuadro número 2.

Cuadro. 6.1 Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción	CE (mS)	Tiempo de inmersión	
Testigo	Testigo absoluto semilla sin pre-acondicionar	N/A	N/A	N/A
Agua	Testigo: pre-acondicionamiento con agua	--	24	48
Ajo b	Extracto de Ajo* al 7.5%	0.85	24	48
Ajo a	Extracto de Ajo* al 15%	1.37	24	48
Lombriz b	Lixiviado de lombriz al 0.75%	0.85	24	48
Lombriz a	Lixiviado de lombriz al 1.5%	1.44	24	48
Fosfórica b	Roca Fosfórica	0.04	24	48
Fosfórica a	Roca Fosfórica	0.06	24	48
Sal b	Sal de mar	4.14	24	48
Sal a	sal de mar	6.45	24	48

* Ver Método de preparación en anexos.

6.4. Preparación de soluciones pre-acondionadoras

Esta actividad se llevó a cabo en un laboratorio donde se realizó la preparación de las soluciones en base a volumen, disolviendo el ingrediente activo en agua y después aforando a 700 ml de agua. Por último se registró la conductividad eléctrica (mS) de cada solución con ayuda de un conductivímetro.

6.5. Pre-acondicionamiento

Para llevar a cabo esta actividad se utilizaron recipientes de 1litro de capacidad utilizando bombas de pecera para inyectar aire y oxigenar las soluciones pre-

acondicionadoras que contenían las semillas de pimiento. Se colocaron en los recipientes de acuerdo a los tratamientos descritos en el cuadro 6.1 en dos tiempos de inmersión o pre-acondicionamiento: 24 y 48 horas.

6.6. Siembra

El sustrato empleado para la siembra fue una mezcla de Peat-mos, perlita y humus de lombriz a una proporción de 70%-20%-10% respectivamente. Esta actividad se realizó el 29 de mayo del 2014, utilizando charolas de poliestireno de 60 cavidades (60 x 40 cm y 10 cm de altura) colocando una semilla por cada cavidad. El uso de esta charola proporciona a las plántulas espacio para formar un buen sistema radicular logrando obtener un cepellón firme que mantiene la forma del contenedor.

Posteriormente para garantizarle protección y condiciones favorables para la germinación y desarrollo de plántulas, las charolas se establecieron en un invernadero tipo túnel (con ventanas laterales y cenitales) hasta su última medición.

6.7. Variables

6.7.1. Porcentaje de germinación (PG)

El registro de la germinación se llevó a cabo diariamente, organizando los datos por tratamiento y por repetición de tal forma que se obtuviera el porcentaje diario y total de las semillas germinadas.

6.7.2. Velocidad de emergencia (VE)

Al final del registro de la germinación se determinó el índice T_{50} , velocidad de emergencia de las plántulas, dada por el tiempo en que se alcanza el 50% en la muestra.

6.7.3. Altura de la planta

La medición se realizó considerando la altura de la planta desde la base del suelo hasta la parte más alta de la planta, registrando los datos en cm. Las mediciones se realizaron a los 20, 30 y 35 días, empezando el conteo a partir de la fecha en que empezó la germinación que fue el 6 de junio.

6.7.4. Peso seco de la parte aérea

Para esta actividad se eligió al azar 3 plantas de cada tratamiento obteniendo un total de 30 plantas.

En el laboratorio se limpió las raíces con abundante agua para desprenderle lo más que se pudiera el sustrato e inmediatamente se pusieron sobre papel. Para obtener este dato la parte aérea y la raíz fueron guardadas en distintas bolsas y correctamente etiquetadas para colocarlas en la estufa de secado a 80°C por 24 h.

Después se obtuvo el peso seco de la parte aérea para registrarla en la tabla de datos.

6.7.5. Peso seco de raíz

Se obtuvo el peso seco de la raíz y se registró en la tabla de datos (valor numérico).

6.7.6. Peso seco total

Se obtuvo el peso total de todas las muestras (valor numérico).

6.8. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue bloques completamente al azar, usando charolas de poli estireno de 60 cavidades para 4 tratamientos y 2 testigos, a dos tiempos de inmersión excepto el testigo absoluto (sin pre-acondicionamiento) y con 5 repeticiones. En total se obtuvieron 10 tratamientos con sus respectivas repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 5 plantas.

El procedimiento para la revisión de los datos fue mediante análisis de varianza, y prueba de medias. En el caso de las variables medidas en campo (% de emergencia, velocidad de emergencia y altura de planta), se utilizó el diseño de bloques al azar; y para las variables medidas en laboratorio (Peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y peso seco total) se utilizó el diseño completamente al azar. El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el programa estadístico R.

7.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la presente investigación se evaluaron seis variables con dos fuentes de variación por variable, concentración de los tratamientos y tiempo de duración de los tratamientos, a continuación se presentan los resultados obtenidos y al mismo tiempo se discuten los aspectos de mayor importancia.

7.1. Porcentaje de emergencia.

Al analizar los datos estadísticos de las medias de porcentaje de emergencia para 24 horas de pre-acondicionamiento se encontró diferencia de $P=0.05$, entre los tratamientos pero no entre bloques (Cuadro 7.2), ubicando los valores en tres grupos (Cuadro 7.1).El mejor tratamiento para el pre-acondicionamiento por un periodo de 24 horas fue el Agua, mientras que el peor fue el Ajo a una concentración del 15% de extracto de ajo; de igual manera el análisis de comparación de medias para porcentaje de germinación en 48 horas de pre-acondicionamiento el mejor tratamiento fue inmersión en agua y el peor, extracto de Ajo a una concentración de 7.5 % de extracto de ajo(Cuadro 7.3). De igual manera que en el tiempo de inmersión anterior, el análisis de varianza para 48 horas de pre-acondicionamiento muestra que existen diferencias de $P=0.05$, entre los tratamientos pero no entre bloques (Cuadro 7.4). Por otra parte, de acuerdo con los dos análisis de comparación de medias, el mejor tratamiento, considerando los dos tiempos de inmersión para esta variable fue el que consistió en inmersión de las semillas solo en agua por un tiempo de 24 horas, obteniendo el 92% de germinación.

Es sabido que el pre-acondicionamiento de semillas acelera y mejora la emergencia, la razón según Heydecker y Coolbear (1977) es que las semillas alcanzan rápidamente el nivel de humedad y estado metabólico deseado; como consecuencia de la activación de numerosos procesos bioquímicos-fisiológicos

relacionados con la germinación, la tolerancia al estrés ambiental y a la autoreparación de las membranas celulares. Arif *et al.*, (2008) estudiaron el efecto del pre-acondicionamiento en emergencia y rendimiento en Soya (*Glycinemax* (L.) Merrill) donde utilizaron agua como control y polietilenglicol a diferentes potenciales osmóticos (-0.2,-0.5, -1.1, -1.8), obtuvieron que a pesar de que la emergencia de plantas de soya fue más rápida a un potencial osmótico de -1.1 MPa las semillas tratadas con potencial osmótico de 0 (agua desionizada) y -1.8 MPa tomó menos días para emerger que las semillas tratadas con otros potenciales osmóticos. Esto indica que a pesar de que se han realizado investigaciones para encontrar las mejores soluciones acondicionadoras también con el solo hecho de utilizar agua se obtienen buenos resultados, una práctica agrícola utilizada desde los viejos tiempos (Janick *et al.*, 2010) para reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia. De igual manera Caseiro *et al.*, (2004, citado por Marín *et al.*, 2007) encontraron que el más alto porcentaje y velocidad de germinación de cebolla (*Allium cepa* L.) se logró con el hidro-acondicionamiento (inmersión de las semillas en agua durante 96 h), mientras que con el polietilenglicol (PEG-8000) se redujo el porcentaje de germinación. Compararon tres formas de pre-acondicionamiento: 1) con una solución aireada de PEG-8000 a - 0.5 y - 1.0 MPa de concentración durante períodos de 24 y 48 h; 2) comprendió el hidro-acondicionamiento, es decir con agua durante 48 y 96 h, 3) consistió en sumergir la semilla en cuatro ocasiones en agua a intervalos de 60 min.

En Cuba, Sánchez *et al.*, 1999 (citado por Sánchez y Muñoz, 2003) observaron que los tratamientos de hidratación-deshidratación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), pepino (*Cucumis sativus*), pimiento (*Capsicum annuum*) y calabaza (*Cucurbita maxima*) lograron incrementar significativamente la germinación mediante los efectos revigorizadores, acondicionadores, robustecedores y de ruptura de dormancia. El caso más significativo se alcanzó en semillas frescas de calabaza donde se incrementó

más 60% de la germinación con relación al testigo.

El extracto de ajo es ampliamente utilizado como control de plagas y enfermedades del sector agrícola (Celis *et al.*, 2008), razón por la que posiblemente tuvo un efecto negativo en las semilla de pimiento a manera de inhibidor o retardante de la germinación por el efecto indirecto de reducir la flora microbiana circundante, pero esta afirmación queda solo como hipótesis ya que en la actualidad existe muy poca información acerca del uso de soluciones orgánicas para el pre-acondicionamiento de semillas.

Cuadro. 7.1 Medias de Porcentaje de germinación con 24 h de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (%)	GRUPO
Testigo	72	Ab
Agua	92	A
Ajo b	76	Ab
Ajo a	48	B
Lombriz b	72	Ab
Lombriz a	76	Ab
Fosfórica b	88	Ab
Fosfórica a	72	Ab
Sal b	88	Ab
Sal a	68	Ab

Cuadro. 7.2 Análisis de varianza del porcentaje de germinación a un tiempo de inmersión de 24 horas de pre-acondicionamiento

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	7168	796.44	2.1016	0.05313*
Bloque	1	100	100	0.2639	0.61037
Error	39	14780	378.97		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro. 7.3 Medias de porcentajes de germinación 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (%)	GRUPO
Testigo	76	Ab
Agua	84	A
Ajo b	40	B
Ajo a	64	Ab
Lombriz b	80	Ab
Lombriz a	56	Ab
Fosfórica b	68	Ab
Fosfórica a	60	Ab
Sal b	80	Ab
Sal a	68	Ab

Cuadro. 7.4 Análisis de varianza de porcentaje de germinación de 48 horas de pre-acondicionamiento

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	8072	896.89	2.1021	0.05307*
Bloque	1	0	0.00	0.0000	0.61037
Error	39	16640	426.67		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

7.2. Velocidad de emergencia.

De acuerdo con la metodología índice T_{50} para evaluar la velocidad de emergencia, en los datos obtenidos para 24 horas de pre-acondicionamiento se demuestra que existe diferencia altamente significativa ($P=0.01$) entre tratamientos y diferencia significativa ($P=0.05$) entre bloques (Cuadro 7.6). El tratamiento que tomó menos días (9.2 días) en germinar fue Sal b seguido de Fosfórica a, tratamientos que, estadísticamente no presentan diferencias significativas, mientras que el tratamiento Humus b (15% de concentración), fue el más tardío en cuanto al tiempo de germinación (cuadro 7.5).

Los resultados obtenidos de Cayuela *et al.*, (2006) demuestran que las semillas de tomate (*Solanum lycopersicon* L. Cv. Pera) expuestas a 6 M de NaCl emergieron antes que las semillas no acondicionadas. De igual manera Mohammadi (2009) en acondicionamiento de semillas de canola (*Brassica napus* L.) en solución de NaCl al 1% por 24 horas a 20°C aumento el porcentaje de germinación (25.57%) y tasa de germinación de las plántulas (34.67%).

Cuadro. 7.5 Medias de velocidad de emergencia de 24 horas de pre-acondicionamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (Días)	GRUPO
Testigo	10.2	Bc
Agua	9.6	Bc
Ajo b	10.2	Bc
Ajo a	11.7	Ab
Lombriz b	10.6	Abc
Lombriz a	12.8	A
Fosfórica b	10	Bc
Fosfórica a	9.25	C
Sal b	9.2	C
Sal a	9.3	Bc

Cuadro. 7.6 Análisis de varianza de la velocidad de emergencia para 24 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	53.561	5.9512	5.6281	9.342e-05**
Bloque	1	5.731	5.7311	5.4199	0.02599 **
Error	34	35.952	1.0574		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente.

Todas las plantas tuvieron el mismo manejo agronómico y todos los bloques estaban acomodados en un área con las mismas condiciones; sin embargo un factor que podría explicar esta diferencia, a manera de

especulación, es la eficiencia de la cubierta del invernadero para distribuir homogéneamente la radiación solar al interior, de tal manera que pudiera influir en la velocidad de germinación entre bloques. Otro aspecto que puede explicar la diferencia tiene que ver con lo planteado por Taiz y Zeiger (2006), quienes sostienen que las especies con semillas grandes, con amplias reservas que permiten mantener el crecimiento prolongado de las plantas en oscuridad (bajo el suelo) no necesitan luz para germinar; en cambio en semillas de especies herbáceas y de pradera permanecen en dormancia, incluso mientras se hidratan, si están enterradas por debajo de la profundidad a la que llega la luz.

Para 48 horas de pre-acondicionamiento el índice T_{50} indica que no existe diferencia entre tratamientos ni entre bloques. El mejor tratamiento tardó 9.25 días en obtener más del 50% fue agua; y el tratamiento que no cumplió con esta condición fue Ajo b. El hecho de no existan diferencias entre tratamientos puede explicarse por el tiempo de inmersión más prolongado lo cual puede generar mayor homogeneidad en las pre-disposición de las semillas para germinar (Cuadro 7.7 y 7.8).

Cuadro. 7.7 Medias de velocidad de emergencia de 48 horas de pre-acondicionamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (Días)	GRUPO
Testigo	9.8	A
Agua	9.25	A
Ajo b	----	----
Ajo a	10.75	A
Lombriz b	10.8	A
Lombriz a	12.3	A

Fosfórica b	10.6	A
Fosfórica a	10	A
Sal b	10.2	A
Sal a	10.5	A

Cuadro. 7.8 Análisis de varianza para de velocidad de emergencia a 48 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	8	20.496	2.5621	1.0660	0.4139
Bloque	1	3.471	3.4712	1.4443	0.2395
Error	28	67.295	2.4034		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

7.3. Altura de la planta.

Cómo ya se mencionó en el apartado correspondiente a la metodología utilizada, para evaluar esta variable se realizaron tres mediciones (20, 30 y 35 DDE), además es necesario tomar en cuenta que en este experimento no se utilizó fertilizantes y pesticidas químicos ni orgánicos para la nutrición del cultivo ni para el control de patógenos. De acuerdo con el análisis de comparación de medias de altura para el tiempo de 24 horas de pre-acondicionamiento que se obtuvieron en el primer muestreo (20 DDE) no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, pero si existe diferencia al P=0.01 entre bloques. La probable razón es por la diferencia de radiación a la que estaban sometidas las plantas de pimiento, aunque fue mínima hubo diferencias en la alturas registradas con

respecto a las obtenidas con los tratamientos de 48 horas, que tuvieron las mejores alturas.

Meisel *et al.*, (2011) mencionan que un ejemplo del efecto que la radiación puede tener en las plantas, es la diferencia en el desarrollo y crecimiento que se manifiesta entre plantas crecidas en ausencia y presencia de luz. Plantas crecidas bajo la acción de la radiación desarrollan una morfología denominada fotomorfogénica. En cambio aquellas plantas crecidas en oscuridad, desarrollan una morfología etiolada o skotomorfogénica. Las plantas etioladas tienen hipocotílos alargados con un gancho en el ápice del tallo y con el o los cotiledones no expandidos. En ausencia de luz, la síntesis de clorofila no se produce ya que la transformación de su precursor, la proto-clorofila en clorofila, es dependiente de la enzima POR A cuya expresión es regulada por la luz. Así, en ausencia de luz, esta enzima está inactiva y en consecuencia en tales plantas se acumula proto-clorofila que es de color café.

Las medias de altura vs tratamiento se agruparon en un solo grupo (Cuadro 6). Los tratamientos que obtuvieron mayor altura fueron Ajo b y Lombriz b.

Azarpour (2012) obtuvo que la máxima germinación de semillas de *Trigonella foenum gracum* pre-acondicionadas en ácido húmico fue a los 5 días después del pre-acondicionamiento, y que el producto comercial Vermiwash (contiene enzimas, secreciones de lombrices de tierra, ácidos orgánicos y microbios) a 250 mg/l registro los mejores resultados en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

De igual manera Grajales (2012) en un estudio realizado con semillas de pimiento (*Capsicum annum* L.) cv. California Wonder aplicó antes de la germinación un estimulador energizante Agrosin (a base de L. Cisteína con ácidos fúlvicos) para la etapa básica del crecimiento vegetal y para que se

active el aprovechamiento máximo de los fertilizantes para posteriormente realizar una biofertilización con rizobacterias del género *Pseudomonas*.

El extracto de ajo es comúnmente utilizado para el control de patógenos, no existe información acerca de su uso en el acondicionamiento de semillas, pero con los resultados obtenidos se demuestra que es necesario conocer los efectos que causa en las semillas.

Cuadro. 7.9 Medias de altura (20 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	GRUPO
Testigo	6.93	A
Agua	6.5	A
Ajo b	7.23	A
Ajo a	6.0	A
Lombriz b	7.23	A
Lombriz a	6.07	A
Fosfórica b	6.4	A
Fosfórica a	6.46	A
Sal b	7.18	A
Sal a	6.64	A

Cuadro. 7.10 Análisis de varianza de altura (20 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	26.03	2.8925	1.1897	0.3064285
Bloque	1	29.49	29.4896	12.1296	0.006679 **
Error	136	330.64	2.4312		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente

Para 48 horas de pre-acondicionamiento las medias de altura (20 DDE) mostraron que existe diferencia $P=0.01$ entre tratamientos. El tratamiento de inmersión en agua fue el mejor y el tratamiento de pre-acondicionamiento Ajo b fue el peor (Cuadro 7.11 y 7.12).

Con el pre-acondicionamiento de semillas con agua se obtuvieron buenos resultados, similares a los obtenidos por Orta *et al.*, (1999) que acondicionaron y robustecieron semillas de tomate (*Solanum lycopersicon* L.) con polietilenglicol 4000 y agua obteniendo mayor desarrollo vegetativo que los controles sin pre-acondicionar. Sánchez *et al.*, (1999) y Calvo *et al.*, (1997) también lograron incrementar los cambios metabólicos y/o morfológicos que aceleran el desarrollo vegetativo de las plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) por medio del pre-acondicionamiento de semillas con agua, pero solo en las primeras etapas de la vida, lo que se traduce en mejor capacidad de sobrevivencia de las mismas ante las fluctuaciones ambientales.

El tratamiento Ajo b que mostro buenos resultados a los 20 DDE, en esta segunda medición registro las más bajas alturas.

Cuadro. 7.11 Medias de altura (20 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	GRUPO
Testigo	7.86	A
Agua	8	A
Ajo b	6	A
Ajo a	7.35	A
Lombriz b	6.87	A
Lombriz a	6.2	A
Fosfórica b	7.33	A
Fosfórica a	6.75	A
Sal b	7.46	A
Sal a	6.14	A

Cuadro. 7.12 Análisis de varianza de altura de planta (20 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	64.02	7.113	2.5849	0.0089586 **
Bloque	1	41.64	41.639	15.1313	0.0001588 **
Error	131	360.49	2.752		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente

En la segunda (30 DDE) y tercera (35 DDE) toma de datos las medias

para la variable altura de planta con 24 horas de pre-acondicionamiento muestran que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos pero sí entre bloques (Cuadro 7.14). Dichas diferencias entre bloques, en cuanto a la altura, se siguen atribuyendo a lo ya explicado en el caso de la toma de datos para los 20 DDE. El análisis de comparación de medias, arroja que no existen diferencias y todos los tratamientos pertenecen a un solo grupo ya que los valores obtenidos son muy similares numérica y estadísticamente (Cuadro 7.13).

A 30 DDE el mejor tratamiento que registro una media de 11.5 cm de altura fue Lombriz b y el peor Ajo a. Según Shivsubramanian y Ganeshkumar (2004) el producto Vermiwash que contiene enzimas, secreciones de lombrices de tierra, ácidos orgánicos y microbios es considerado por ser un compuesto que aumenta la permeabilidad de las membranas celulares en las plantas, y estudios recientes demuestran que estas sustancias afectan significativamente en el aumento de energía en la germinación de la semilla, la intensificación del crecimiento de las plántulas, el crecimiento en peso de la raíz y un aumento en el desarrollo.

A 35 DDE la mejor media de altura registrada fue del Testigo absoluto y el peor fue Ajo a.

A 48 horas de inmersión para 30 DDE solo hay diferencia $P=0.05$ entre bloques (Cuadro 7.16) y para 35 DDE no hay diferencia. Las plantas pre-acondicionadas con agua registraron las mejores medias de altura 11.52 cm y 15.47 cm respectivamente. Esto podría ser a causa de que las semillas de pimiento expuestas a 48 horas, alcanzaron la completa imbibición sin dañar la semilla tomando en cuenta que a 27 horas a 25 °C según Sánchez (1997) las semillas alcanzan un 74 % de humedad con respecto a su peso fresco, ya que la dinámica de absorción de agua no difiere significativamente entre cultivares.

Aumentar el periodo de tiempo para osmo-acondicionar semillas puede

dañar la semilla utilizando soluciones osmóticas (Lisjak, 2012; Marín *et al.*, 2007), pero utilizando solamente agua en este caso por un periodo de 48 horas permitió que se obtuvieran buenos resultados en cuanto a la altura de planta.

Cuadro. 7.13 Medias de altura (30DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	GRUPO
Testigo	10.87	A
Agua	9.82	A
Ajo b	11	A
Ajo a	9.44	A
Lombriz b	11.5	A
Lombriz a	10	A
Fosfórica b	9.53	A
Fosfórica a	10.64	A
Sal b	10.55	A
Sal a	10.61	A

Cuadro. 7.14 Análisis de varianza de altura (30 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	52.68	5.853	0.7629	0.65077
Bloque	1	47.75	47.754	6.2238	0.01382*
Error	134	1028.16	7.673		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente

Cuadro. 7.15 Medias de altura (30 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	GRUPO
Testigo	11.05	A
Agua	11.52	A
Ajo b	9.25	A
Ajo a	10.52	A
Lombriz b	8.4	A
Lombriz a	10.33	A
Fosfórica b	10.21	A
Fosfórica a	9.25	A
Sal b	10.57	A
Sal a	9.5	A

Cuadro. 7.16 Análisis de varianza (30 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	71.80	7.9777	1.1765	0.31512
Bloque	1	18.75	18.7474	2.7646	0.09872*
Error	133	901.89	6.7811		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente

Cuadro. 7.17 Medias de altura (35 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	GRUPO
Testigo	14.62	A
Agua	12.76	A
Ajo b	14.23	A
Ajo a	12.33	A
Lombriz b	14.07	A
Lombriz a	13	A
Fosfórica b	13	A
Fosfórica a	12.73	A
Sal b	13.55	A
Sal a	14.07	A

Cuadro. 7.18 Análisis de varianza de altura (35 DDE) de 24 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	74.03	8.23	0.7851	0.6304
Bloque	1	317.60	317.60	30.3170	1.769e-07**
Error	136	1424.74	10.48		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *,**=Significativo y altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, respectivamente

Cuadro. 7.19 Medias de altura (35 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (cm)	GRUPO
Testigo	14.64	A
Agua	15.47	A
Ajo b	12.87	A
Ajo a	15.14	A
Lombriz b	15.06	A
Lombriz a	14.66	A
Fosfórica b	13.42	A
Fosfórica a	13.81	A
Sal b	14.07	A
Sal a	13.12	A

Cuadro. 7.20 Análisis de varianza de (35 DDE) de 48 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	98.72	10.9692	1.4129	0.1888
Bloque	1	1.73	1.7277	0.2225	0.6379
Error	131	1016.99	7.7633		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

7.4. Peso seco de la parte aérea (PSF)

Los valores de las medias para la variable peso seco de la parte aérea de pimiento morrón de 24 horas de pre-acondicionamiento muestran que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 7.22), los datos se agrupan en un solo grupo, en donde el mejor peso es de 763 mg perteneciente al Testigo sin pre-acondicionar seguido de 605 g (Sal a) (Cuadro 7.21). Azofeifa y Moreira (2004) demostraron que en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv Hot) a los 26-82 días iniciales después de siembra los incrementos del peso seco fueron leves y estadísticamente iguales en comparación con la segunda (82-110 DDS) y tercera (110-180 DDS) etapa fenológica de Chile. Podría ser que siendo una etapa inicial del cultivo de pimiento morrón el peso seco de la parte aérea tenga incrementos muy pequeños. Otra explicación posible es como lo menciona Orta *et al.*, (1999) en donde los tratamientos pre-acondicionadores y robustecedores permiten la expresión de “estrategias” reproductivas alternativas para la sobrevivencia o la máxima producción de estructuras reproductivas, en dependencia de que la humedad del sustrato sea un factor estresante o no; habilidad que no poseen las plantas resultantes de

semillas no tratadas que producen estructuras vegetativas. A pesar de que el experimento no llegó a producción, podría haber ocurrido que la planta se estuvo preparando para la etapa reproductiva y por esa razón no produjo muchas estructuras vegetativas.

Cuadro. 7.21 Medias de peso seco de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (mg)	GRUPO
Testigo	763	A
Agua	468	A
Ajo b	564	A
Ajo a	485	A
Lombriz b	530	A
Lombriz a	472	A
Fosfórica b	547	A
Fosfórica a	487	A
Sal b	605	A
Sal a	519	A

Cuadro. 7.22 Análisis de varianza de peso seco de parte aérea de 24 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	366948	40772	1.0974	0.4074
Error	20	743088	37154		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

Para 48 horas de pre-acondicionamiento las medias de peso seco de la parte aérea no hubo diferencia significativa entre los tratamientos porque estadísticamente todos los tratamientos son iguales (Cuadro 7.24). El mejor peso seco registrado fue Fosfórica b con 718 mg. (Cuadro 7.23).

Cuadro. 7.23 Medias de peso seco de 48 horas pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (mg)	GRUPO
Testigo	443	A
Agua	642	A
Ajo b	450	A
Ajo a	595	A
Lombriz b	556	A
Lombriz a	593	A
Fosfórica b	718	A
Fosfórica a	465	A
Sal b	495	A
Sal a	374	A

Cuadro. 7.24 Análisis de varianza de peso seco de parte aérea de 48 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	300961	33440	1.3765	0.2626
Error	20	485858	24293		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

7.5. **Peso seco de raíz**

Respecto a los resultados obtenidos por las medias de peso seco de raíz para 24 horas y 48 horas no hay diferencias significativa entre los tratamientos (Cuadro 7.25 y 7.26), por lo que no corresponden con lo mencionado por McDonald (2000); citado por Ruiz *et al.*, (2007) quien reporta que uno de los beneficios del osmo-acondicionamiento de semillas es la estimulación en el crecimiento de la raíz. Aunque el tratamiento de pre-siembra es similar a esta investigación solo en algunos aspectos, lo observado en este experimento es que los beneficios de pre-acondicionamiento no se vieron reflejados en la variable peso de la raíz.

Los resultados obtenidos en este experimento tampoco concuerdan con los resultados de obtenidos en el trabajo de Sanchez *et al.*, (1999) en el pre-acondicionamiento de semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) con tratamientos de hidratación-deshidratación donde el peso seco de las raíces y del tallo de las plantas no difirieron significativamente ($P>0.05$) entre los tratamientos pero si con respecto al testigo (sin tratar).Lo que se sí se observó en este trabajo fue que el testigo sin pre-acondicionar registró el mejor peso seco de raíz (cuadro 7.25).

Cuadro. 7.25 Medias de peso seco de raíz de 24 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (mg)	GRUPO
Testigo	313	A
Agua	216	A
Ajo b	218	A
Ajo a	223	A
Lombriz b	257	A
Lombriz a	219	A
Fosfórica b	149	A
Fosfórica a	249	A
Sal b	245	A
Sal a	236	A

Cuadro. 7.26 Análisis de varianza de peso seco de raíz de 24 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	45499	5055.5	0.8909	0.55
Error	20	113490	5674.5		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

Las medias de peso seco de raíz obtenidas del pre-acondicionamiento de semillas de pimiento para 48 horas demuestran que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en cuestión (Cuadro 7.28). El peso de raíz sobresaliente fue 330 mg perteneciente a *Ajo a*, tratamiento que es generalmente usado para el control de patógenos (Cuadro 7.27).

Cuadro. 7.27 Medias de peso de raíz de 48 horas de pre-acondicionamiento vs tratamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (mg)	GRUPO
Testigo	295	A
Agua	259	A
Ajo b	197	A
Ajo a	330	A
Lombriz b	265	A
Lombriz a	252	A
Fosfórica b	249	A
Fosfórica a	213	A
Sal b	208	A
Sal a	200	A

Cuadro. 7.28 Análisis de varianza de peso seco de raíz de 48 horas de pre-acondicionamiento.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	43787	4865.3	0.774	0.6418
Error	20	125724	6286.2		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

7.6. Peso seco total.

De acuerdo con el análisis de varianza en la variable peso seco total a un periodo de pre-acondicionamiento de 24 horas, entre tratamientos distintos no existe diferencia significativa (Cuadro 7.30). El tratamiento que obtuvo mejor peso fue el Testigo con 1 076 mg seguido del tratamiento Sal b con 850 mg (Cuadro 7.29). Este resultado no concuerda con el obtenido en el experimento realizado por Orta *et al.*, (1999) en plantas de tomate sometidas a tratamientos acondicionadores y robustecedores utilizando agua, en donde demuestran que con el tratamiento más sencillo se obtienen buenos resultados en la variable biomasa total (peso seco total), observándose una tendencia ascendente de las dos variedades estudiadas (HC-78-80 y L-10-3) con respecto a los controles. Por otro parte Mohammadi (2009), demuestra que las semillas de canola acondicionadas a una solución de NaCl al 1% por 24 horas a 20°C incrementan el peso seco de las plantas con respecto al control, considerando además de que después de la siembra las semillas fueron regadas con solución de NaCl a diferentes concentraciones. Sin embargo, las reducciones en las variables bajo estudio debido al aumento de nivel de NaCl fueron más altas para las semillas no pre-acondicionadas en comparación con semillas acondicionadas.

Cuadro. 7.29 Medias de peso seco total de 24 horas de pre-acondicionamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (mg)	GRUPO
Testigo	1076	A
Agua	685	A
Ajo b	782	A
Ajo a	708	A
Lombriz b	787	A
Lombriz a	692	A
Fosfórica b	696	A
Fosfórica a	736	A
Sal b	850	A
Sal a	754	A

Cuadro. 7.30 Análisis de varianza de peso seco total de 24 horas de pre-acondicionamiento

F.V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	64917 4	721 30	1.04 56	0.44 05
Error	20	13797 25	689 86		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, ***, ****= P=0.05, P=0.01, P=0.001, P=0.0 respectivamente.

En cuanto a lo observado en las medias de peso seco total de plantas pre-acondicionadas a 48 horas (Cuadro 7.31) y los resultados obtenidos por el anva (Cuadro 7.32), tampoco existen diferencias significativas. El tratamiento que obtuvo mejor peso seco total fue el tratamiento Fosfórica b con 967 mg, pero tomando en cuenta que todos los tratamientos estadísticamente se encuentran en un mismo grupo. Arifen 2005 concluyó que el pre-acondicionamiento de semillas de maíz cv. Azam con agua y con una solución nutricional de fósforo produjo plantas superiores en peso fresco y seco en comparación con semillas no tratadas, este resultado es similar al obtenido en el presente experimento, sin embargo pruebas posteriores son necesarias para corroborar si existen realmente diferencias estadísticas.

Cuadro. 7.31 Medias de peso seco total de 48 horas de pre-acondicionamiento.

TRATAMIENTOS	MEDIA (mg)	GRUPO
Testigo	738	A
Agua	901	A
Ajo b	646	A
Ajo a	925	A
Lombriz b	821	A
Lombriz a	845	A
Fosfórica b	967	A
Fosfórica a	678	A
Sal b	704	A
Sal a	574	A

Cuadro. 7.32 Análisis de varianza de peso seco total de 48 horas de pre-acondicionamiento

F.V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	Pr (>F)
Tratamiento	9	4894 05	543 78	1.09 17	0.4 11
Error	20	9962 56	498 13		

F.V.= Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad; S.C.= Suma de cuadrados; C.M.=Cuadrado medio; F= F de tabla; Pr (>F)= Valor de F; *, **, P=0.05, P=0.01, respectivamente.

8. CONCLUSIONES

De manera general los tratamientos acondicionadores aceleran, uniformizan e incrementan el porcentaje de germinación final en semillas de pimiento morrón, el acondicionamiento con agua permitió obtener el mejor porcentaje de germinación tanto a 24 horas y 48 horas de pre-acondicionamiento, sin embargo mejores resultados pueden observarse con un periodo de 48 horas de pre-acondicionamiento. Lo observado en las variables evaluadas en el presente experimento demuestra que el pre-acondicionamiento de semillas solamente en agua conduce a mejores resultados en relación a los otros tratamientos aquí evaluados y al ser un producto sin restricciones para la agricultura orgánica representa una excelente alternativa a usarse como herramienta de apoyo en la optimización de los sistemas de producción aceptados para este tipo de agricultura.

9. LITERATURA CITADA

ALJARO, U. AGUSTÍN y WYNEKEN H., LEONOR. 1985. Acondicionamiento osmótico de semillas de pimiento (*Capsicum annum* L.) y sus efectos sobre la germinación y emergencia. *Agricultura Técnica (Chile)*, 45(4), 293-300.

ALPI. A. y F. TOGNONI (1991). "Cultivo en invernadero". Científica y técnica. 3° edición. Ediciones Mundi-Prensa Libros, España. 13-235 pp.

Arif, M. (2005). Seed priming maize for improving emergence and seedling growth. *Sarhad Journal of Agriculture (Pakistan)*. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?f=2006/PK/PK0607.xml;PK2006000727>

Arif, M., Jan, M. T., Marwat, K. B., & Khan, M. A. (2008). Seed priming improves emergence and yield of soybean. *Pakistan Journal of Botany*, 40(3), 1169-1177.

Altieri, M. A., Hecht, S., Liebman, M., Magdoff, F., Norgaard, R., & Sikor, T. O. (1999). *AGROECOLOGIA "Bases científicas para una agricultura sustentable"*. Nordan-Comunidad.

Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). Teoría y práctica para una agricultura sustentable. *Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México*, 235.

Azarpour, E., Aigbe, H. I., Modugu, W. W., Oyebade, B. A., Uddin, M., Kashem, M. A., ... & Dasti, A. A. (2012). Evaluation and determination of the best time of priming and priming solution levels for germination indexes of *Trigonella foenum gracum*.

Azofeifa, A., & Moreira, M. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agron. Costarr*, 28(1), 57-67.

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., & Côme, D. (2000). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*, 10(01), 35-42.

Barh, D., Srivastava, H. C., & Mazumdar, B. C. (2008). Self fruit extract and vitamin-c-improves tomato seed germination. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(2), 156-165.

Basra, A. S., Bedi, S., & Malik, C. P. (1988). Accelerated germination of maize seeds under chilling stress by osmotic priming and associated changes in embryo phospholipids. *Annals of botany*, 61(5), 635-639.

BERRIOS, M., ARREDONDO, C., & TJALLING, H. (2007). Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad. *Pimiento. Ediciones Cropkit SQM. Chile*.

Bhatt, D.N.V. and B.C. Mazumdar, 1975. Effect of citrus juices on the relative inhibition of germination of Tomato seeds. *Plant Science*. 7: 37-40.

Bino, R. J., De Vries, J. N., Kraak, H. L., & Van Pijlen, J. G. (1992). Flow cytometric determination of nuclear replication stages in tomato seeds during priming and germination. *Annals of botany*, 69(3), 231-236.

Bovey, R. W., & Diaz-Colon, J. D. (1969). Occurrence of plant growth inhibitors in tropical and subtropical vegetation. *Physiologia Plantarum*, 22(2), 253-259.

Bradford, K. J., Steiner, J. J., & Trawatha, S. E. (1990). Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Science*, 30(3), 718-721.

Bray, C. M., Davison, P. A., Ashraf, M., & Taylor, R. M. (1989). Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. *Annals of Botany*, 63(1), 185-193.

Burguieres, E., McCue, P., Kwon, Y. I., & Shetty, K. (2007). Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. *Bioresource technology*, 98(7), 1393-1404.

Calvo, E., Muñoz, B., Orta, R., & Sánchez, J. A. (1997). Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación para semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Acta Botánica Mexicana*.

Camarena G. G. (2006). Las especies reactivas de oxígeno en defensa de las plantas contra patógenos. *Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente*, 12, 25-30.

Capiati, D. A., País, S. M., & Téllez-Iñón, M. T. (2006). Wounding increases salt tolerance in tomato plants: evidence on the participation of calmodulin-like activities in cross-tolerance signalling. *Journal of experimental botany*, 57(10), 2391-2400.

Castillo Sánchez J. D. D. 2009. Evaluación del desarrollo fenológico de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) var. Capistrano, en diferentes cubiertas plásticas para invernadero. Tesis de Licenciatura. Programa educativo Ingeniero

Agrónomo en Irrigación, campus Saltillo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Cayuela, E., Pérez-Alfocea, F., Caro, M., & Bolarin, M. C. (2006). Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiologia Plantarum*, 96(2), 231-236.

Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97-106.

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). 2010. Monografía de Agricultura Orgánica.

Del Bosque V. G. A. 2009. Compendio de consultas para el curso «Ecofisiología de la producción de cultivos bajo condiciones de estrés». Maestría en Ingeniería de Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Dempsey, D. M. A., Shah, J., & Klessig, D. F. (1999). Salicylic acid and disease resistance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(4), 547-575.

DeWitt, D., & Bosland, P. W. (1996). *Peppers of the world. An identification guide*. Ten Speed Press, Berkeley xi + ISBN 0-89815-840-0. 219 pp.

FAOSTAT (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION). 2013. PRODUCTION DE PRODUITS ALIMENTAIRES ET AGRICOLES. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>

Ghate, S.R. and S.C. Phatak. 1982. Preference of tomato and pepper seed germinated before planting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:908-911.

Giménez S. T., N. Victor, N. Retamal y J.M Duran. 1993. Acondicionamiento osmótico de semillas. Consejo nacional de desenvolvimiento científico y tecnológico, Brasil.

GRAJALES SARABIA F. 2012. BIOFERTILIZACIÓN DE PLANTAS DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.) CON RIZOBACTERIAS DEL GÉNERO *Pseudomonas* EN INVERNADERO.

Gray H.R., Rowse R., Drew R.L K. 1990. A comparison of two large-scale seed priming techniques. *Annals of Applied Biology*, 116(3), 611-616.

Gómez C. M. A., Schwentesius R., Ortigoza R.J., Gómez T.L., May T.V., Arreola Quevedo J.A y Lopez R.I. 2008. Agricultura orgánica de México, Directorio. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

González, Y., Hernández, A., & Mendoza, F. (1998). Comportamiento de la germinación y la viabilidad de las semillas de leguminosas arbustivas. I. *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Memorias III Taller Internacional Silvopastoril " Los árboles y arbustos en la ganadería"*.

González, Y., & Mendoza, F. (2008). Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes*, 31(1), 1-1.

Guedes, A. C., Cantliffe, D. J., & Nell, T. A. (1981). Morphological changes during lettuce seed priming and subsequent radicle development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 106, 121-6.

Hegarty, T. W. (1978). The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and the control of germination: a review. *Plant, Cell & Environment*, 1(2), 101-119.

Henckel P.A. 1982. Fisiología de la Resistencia de las plantas al calor y a la sequia [en ruso]. Nauka, Moscú. 280 p.

Heydecker W. J. & Coolbear P. 1977. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. *Seed Science and Technology*. 5: 353-425.

Heydecker, W., Higgins, J., & Gulliver, R. L. (1973). Accelerated germination by osmotic seed treatment *Nature* 246: 42-46.

Heydecker, W., J. Higgins y Y. J. Tuner. 1975. Invigoration of seeds. *Seed Sci. Technol.* 3: 881-888.

Huang, Z., Zhang, Z., Zhang, X., Zhang, H., Huang, D., & Huang, R. (2004). Tomato TERF1 modulates ethylene response and enhances osmotic stress tolerance by activating expression of downstream genes. *FEBS letters*, 573(1), 110-116.

Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica (FiBL por sus siglas en ingles). 2012. Growing Organic Agriculture Sector Explores its Future - Global Organic Statistics 2014 and Organic 3.0. <http://www.fibl.org/en/media/media-archive/media-archive14/media-release14/article/growing-organic-agriculture-sector-explores-its-future.html>

IPGRI. AVRDC and CATEIE. 1983. Descriptors for Capsicum (Capsicum spp.). International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy; the Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan, and the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Jameson, P.E. & Clarke, S.F. (2002) Hormone-virus interactions in plants. *Critical reviews in plant sciences* 21(3): 205-228.

Lucero Flores J.M & Sánchez V. C. 2012. Inteligencia de mercado de pimiento morrón verde. Proyecto SAGARPA-CONACYT.

<http://intranet.cibnor.mx/personal/bmurillo/docs/inteligencia-mercado-pimiento.pdf>

Janick J., C. Parera and D. Cantliffe, 2010. Horticultural reviews volume 16. Presowing Seed Priming. Horticultural Sciences Department, University of Florida.

http://books.google.es/books?hl=en&lr=&id=fFj92fyllhkC&oi=fnd&pg=PA109&dq=seed+priming&ots=dsW7F0m1tC&sig=lxDxGw0c_jb_yMwSIDx5iyNR6L0#v=onepage&q=pepper&f=false

Jovicich, E.; Cantliffe, D. J. y Vansickle, J. J. 2004b. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of peppers in Florida. *Acta Horticulturae* 659: 81-85

Kaminsky, W., 1968. Inhibitory effect of apple juice on the germination of apple and cherry seeds and the growth of apple seedlings. *Acta. Soc. Bot. Polon.*, 37: 173-178.

Katerji, N., M. Mastrorilli y A. Hamdy. 1993. Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. *Acta Hort.*, 335, 165-171.

Khan A.A., IYAS S., PTASZNIK W. 1995. Integrating low water potential seed hydration with other treatments in improve cold tolerance. *Ann. Bot.* 75:13-19.

Khan, A. A., K. L. Tao, S. Kngpl, B. Borkowska y L. E. Powell. 1978. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Hortc.* 83: 267-278.

Killian, S. y Villagra, A. 2005. Efecto del precondicionamiento osmótico sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de *Daucus carota* L. *Revista del CIZAS.* 6(1) 31-39 pp

Lambers, H., Stuart-Chapin III, F., Pons, T.L. (1998) *Plant Physiological Ecology.* SpringerVerlag, New York.

Lee, A. E. (1955). The effects of ascorbic acid on seedling organ growth of Lupine and tomato. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1-8.

Lee, S.S. and Kim, J.H. 2000. Total sugars, alfa-amylase activity and germination after priming of normal and aged rice seeds. *Kor. J. Crop Sci.*, 45: 108-111.

LEY DE PRODUCTOS ORGÁNICOS. 2010. FE de erratas al Reglamento de la Ley de Productos Orgánicos, publicado el 1 de abril de 2010.

Lisjak, G.I. 2012. Evaluación de la germinación de semillas de *Cynara cardunculus* (L.) y *Panicum virgatum* (L.) en soluciones de trehalosa [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-germinacion-semillas-cynara.pdf>

López, A. R., & Rodríguez, H. M. RESPUESTA DE SEMILLAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) AL ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO.

Marín Sánchez, J., Mejía Contreras, J. A., Hernández Livera, A., Carballo Carballo, A., & Peña Lomelí, A. (2007). Acondicionamiento osmótico de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.). *Agricultura técnica en México*, 33(1), 63-71.

Mazor, L., M. Perl, and M. Negbi. 1984. Changes in some ATP-dependent activities during treatment with polyethylene glycol and during the readying process. *I. Expt. Bot.* 352'1'19-1127. Murray, G.A. 1989. Osmoconditioning carrot seed for...

May, L. H.; E. J. Milthorpe y F. L. Milthorpe. 1962: Pre-sowing hardening of plant to drought. An appraisal of the contributions of P. A. Henckel. *Field Crop Abstr.* 15: 93-98.

Meisel, L., Urbina, D., & Pinto, M. (2011). Fotorreceptores y respuestas de plantas a señales lumínicas. *Fisiología vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.*

Moguel Patricia y Víctor M. Toledo. 1999. Café, luchas indígenas y sostenibilidad; el caso de México.

Mohammadi, G. R. (2009). The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 5(5), 696-700.

Montoliu, V.A. 2010. Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a

condiciones de estrés biótico y abiótico, Aspectos comunes y específicos. Tesis doctoral. Universidad Jaume I de Castellón.

Mora A. R; Hernández M. F.; Rodríguez P.J y J. Martínez-Solís. 2006. ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO EN SEMILLA DE *Brassica oleracea* L. Revista Chapingo Serie Horticultura 12(1): 105-112.

Nilsen, E.T. & Orcutt, D.M (1996) Physiology of plants under stress. In: Abiotic factors. John Wiley y Sons (eds.) INC, New York.

Nuez, V. F. R Gil O, J Costa G (1996). El cultivo de pimientos chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. http://books.google.com.mx/books?id=O8fiJoRfPnQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Oelhaf, R.C. 1978. Organic agriculture. New Jersey: Allanheld, Osmun and Co. Pub., Inc.

Organización de las naciones unidas (FAO)/Organización mundial de la salud (OMS).1999. El Codex Alimentarius. Directrices para la producción, elaboración, etiquetado y comercialización de alimentos producidos orgánicamente. CAG/6L 32-1999, y del reglamento CEE 20 92/91

Orta, R., Sánchez, J. A., Muñoz, B., Calvo, E., Hernández, L., & Prede, M. (1999). Efectos de los tratamientos acondicionadores y robustecedores sobre el rendimiento de los cultivos. Siembra temprana del tomate. *Acta Botánica Cubana*, 176, 19.

Orta, R.; L. Pozo, E. Pérez e I. Espinosa. 1983. Aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de Siratro/*Macroptillium atropurpureum* (Moc & Sessé) Urb./ En: Memorias del I Simposio de Botánica, La Habana, Cuba. Tomo V, pp. 251-264.

Pastori, G. M., & Foyer, C. H. (2002).. Common components, networks, and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of "redox" and abscisic acid-mediated controls. *Plant physiology*. 129. 460-468 pp.

Ponappa, K.M. and B.C. Mazumdar, 1976. Germination behavior of Tomato seeds grown in juice extracts of emblica fruits. *Prog. Hort.*, 8:19-24.

Prisco, J. T., Haddad, C. R., & Bastos, J. L. P. (1992). Hydration-dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. *Revista Brasileira de Botânica, São Paulo*, 15(1), 31-35.

Ramos R. R.. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis de doctorado. Universidad de Alicante. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/10018>

Rowse H.R. 1996. Drum priming. *Seed sci. Technol.* 24:281-294

Ruiz T. N., R. Ramírez, F. Rincón, V. Robledo, C. Díaz. 2007. Acondicionamiento Osmótico de Semilla de Chile Ancho (*Capsicum annuum* L.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Sachs, M., D.J. Cantliffe, and J.T. Watkins. 1980. Germination of pepper seed at low temperature after various pretemperatures. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 93:258-269.

Sairam, R. and Tyagi, A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Current science.* 86(3). 407-421 pp.

Sánchez J.A. 1997. Efectos de los tratamientos pregerminativos de hidratación de hidratación-deshidratación sobre la biología reproductiva del pepino (*Cucumis ativus* L.). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología y Sistemática, La Habana, Cuba. 70 p.

Sánchez, J. A., Calvo, E., Muñoz, B., & Orta, R. (1999). Efecto de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la germinación, establecimiento, floración y fructificación del pepino. *Agronomía Costarricense*, 23(2), 193.

Sánchez J.A. y Muñoz B.C. 2003. Manual sobre Agricultura sostenible. Capítulo 4.2 pre-acondicionamiento de las semillas como factor de éxito en la agricultura orgánica. Instituto de Investigaciones de Ecología y Sistemática, (IES), La Habana, Cuba.

Sánchez V, J. A., Orta, R., & Muñoz, B. C. (2001). Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*, 25(1), 67-92.

Santos, D.D and Yamaguchi M., 1979. Seedsprouting in Tomato fruits. *Scientia Horticulturae*.11(2): 131-139.

Sinha Roy, S.P. and Chakraborty D.P., 1976. Psoralen, a powerful germination inhibitor. *Phytochem.*, 15: 205-206.

Sivasubramaniam K., Geetha R., Sujatha K., Raja K., Sripunitha A. and Selvarani R. 2011. Seed Priming: Triumphs and Tribulations. Department of

Seed Science and Technology, Agricultural College and Research Institute, Madurai

Sepúlveda J.G., Porta D.H. & Rocha S.M. (2004). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Rev Mex Fitopatol*, 21, 355-363.

Smith, P. T., & Cobb, B. G. (1991). Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. *HortScience*, 26(4), 417-419.

Stoffella, P. J., Di Paola, M. L., Pardossi, A., & Tognoni, F. (1992). Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregermination of bell pepper. *HortScience*, 27(3), 214-215.

Sundstrom, F. J., & Edwards, R. L. (1989). Pepper seed respiration, germination, and seedling development following seed priming. *HortScience* 24:343-345.

TRADE MAP (Trade statistics for international business development). 2010. <http://www.trademap.org/>

Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (Vol. 10). Cap 17. El Fitocromo y el control por la luz del desarrollo vegetal. Universitat Jaume I.

Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., & Misra, M. K. (1998). Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8(02), 245-256.

Teles, M. M., Alves, A. A., Oliveira, J. C. G. D., & Bezerra, A. M. E. (2000). Procedure for dormancy breakage in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(2), 387-391.

Toumi, I., Moschou, P.N., Paschalidis, K.A., Bouamama, B., Ben Salem-Fnayou, A., Ghorbel, A.W., Mliki, A., Roubelakis-Angelakis, K.A. (2010) Abscisic acid signals reorientation of polyamine metabolism to orchestrate stress responses via the polyamine exodus pathway in grapevine. *Journal of plant physiology* 167: 519-525.

VALDÉS L. F. J. 2011. Manejo del Cultivo de Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.). Tesis de Licenciatura. Programa educativo Ingeniero Agrónomo en Horticultura, campus Saltillo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Vlot, A. C., Dempsey, D. M. A., & Klessig, D. F. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual review of phytopathology*, 47, 177-206.

WILKINSON, A. E. 1918. Soaking seeds before planting. *Market Growers J*, vol. 22, no 6.

Yaklick, R.W. and M.D. Orzolek. 1977. Effect of polyethylene glycol-6000 on pepper seeds. *HortScience* 12:263-267.

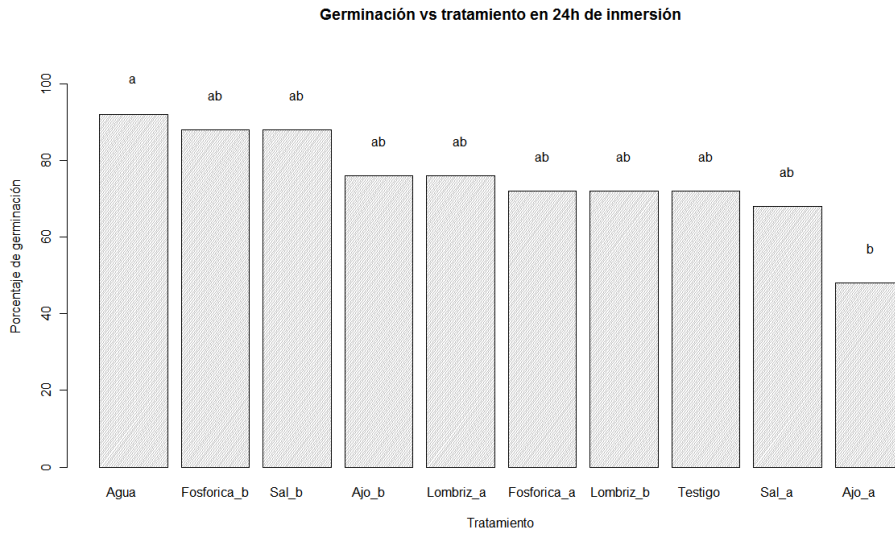
Zambare, V. P., Padul, M. V., Yadav, A. A., & Shete, T. B. (2004). Vermiwash: biochemical and microbiological approach as ecofriendly soil conditioner. *ARON J Agric Biol Sc*, 3, 1-5.

ANEXO 1. METODO DE PREPARACIÓN DE EXTRACTO DE AJO

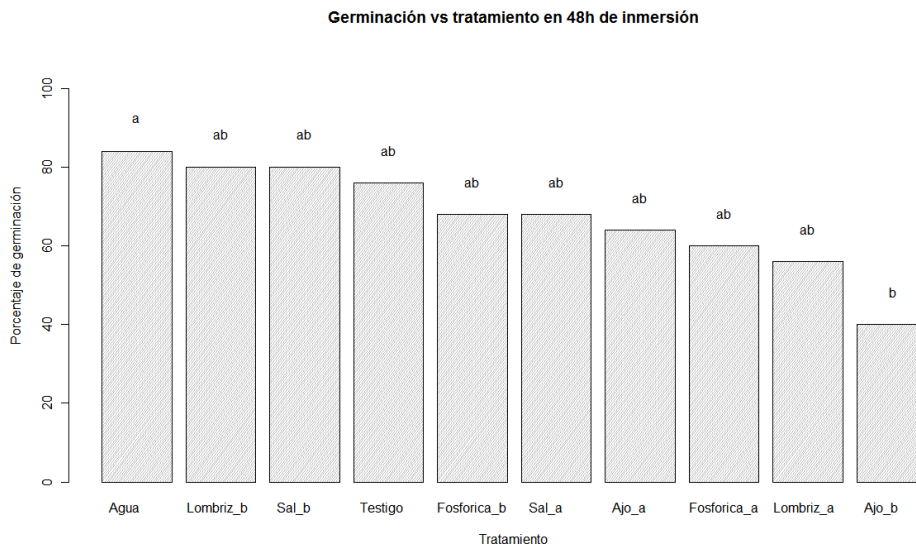
PRODUCTO	MATERIALES	MÉTODO DE PREPARACIÓN	MODO DE USO	PLAGAS QUE COMBATE	REFERENCIA
Extracto de ajo (Alliumsativum L.)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 500 gr. de Ajo ▪ 500 ml de alcohol de 96° ▪ 500 ml de agua ▪ Recipiente plástico ▪ Filtro ▪ Cuchillo ▪ Licuadora 	Limpiar los ajos y triturarlos. Se coloca el alcohol y el agua en la licuadora, se agregan los ajos triturados y se licua. La solución obtenida se filtra y se deja reposar por 12 horas	El extracto obtenido se diluye a razón de 100 ml. por litro de agua, se le añaden 5 ml de jabón y se asperja sobre las plnatas.	Minador Pulgones Cochinilla Moscas Áfidos	-----

ANEXO 2. GRAFICAS.

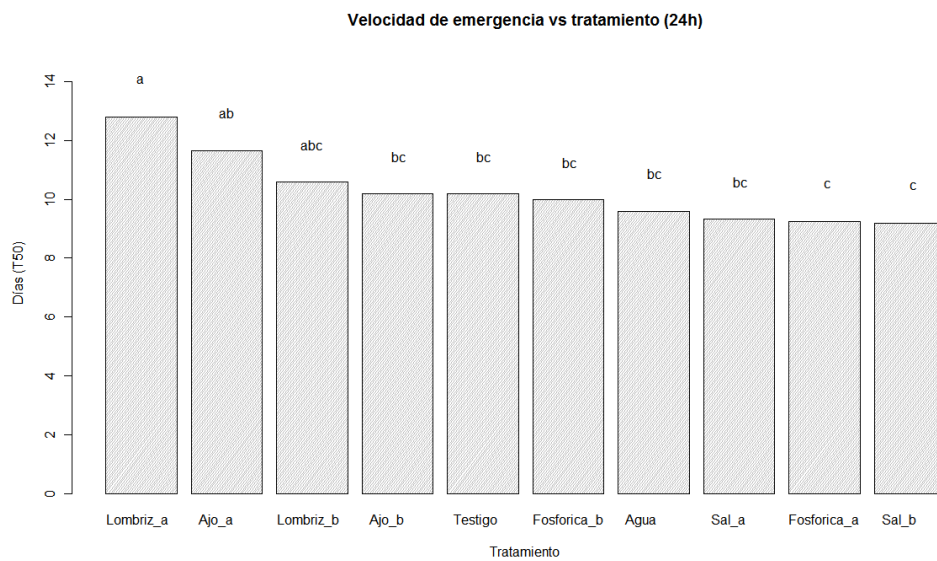
Grafica 1. Germinación de semillas en 24 horas de pre-acondicionamiento.



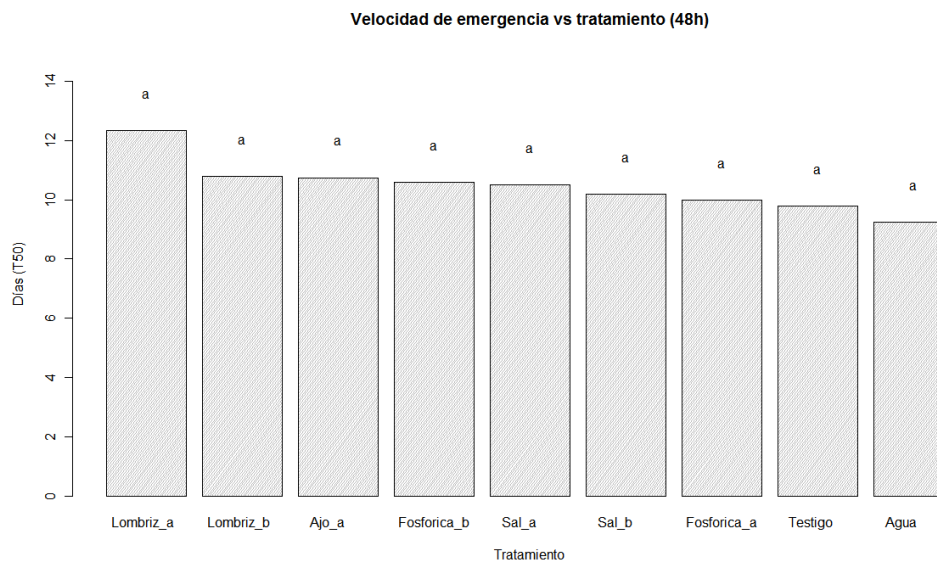
Grafica 2. Germinación de semillas en 48 horas de pre-acondicionamiento.



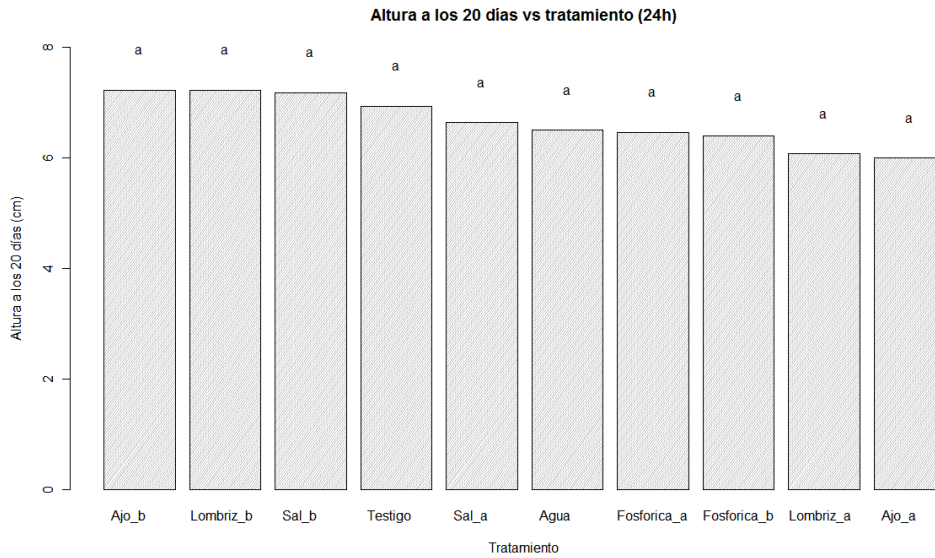
Grafica 3. Velocidad de emergencia en 24 horas de pre-acondicionamiento.



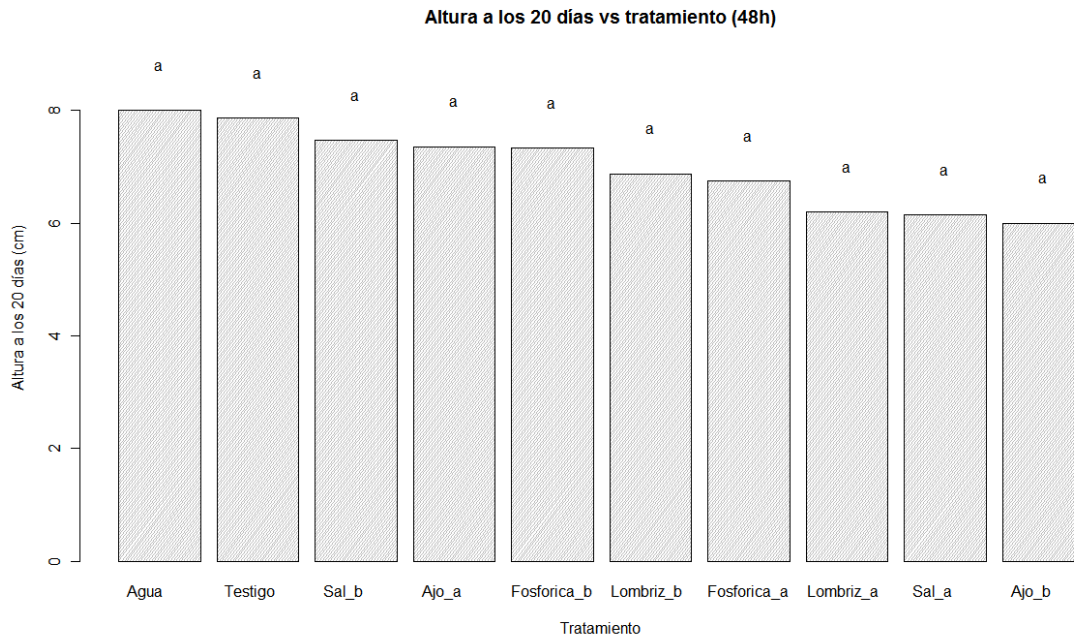
Grafica 4. Velocidad de emergencia en 48 horas de pre-acondicionamiento.



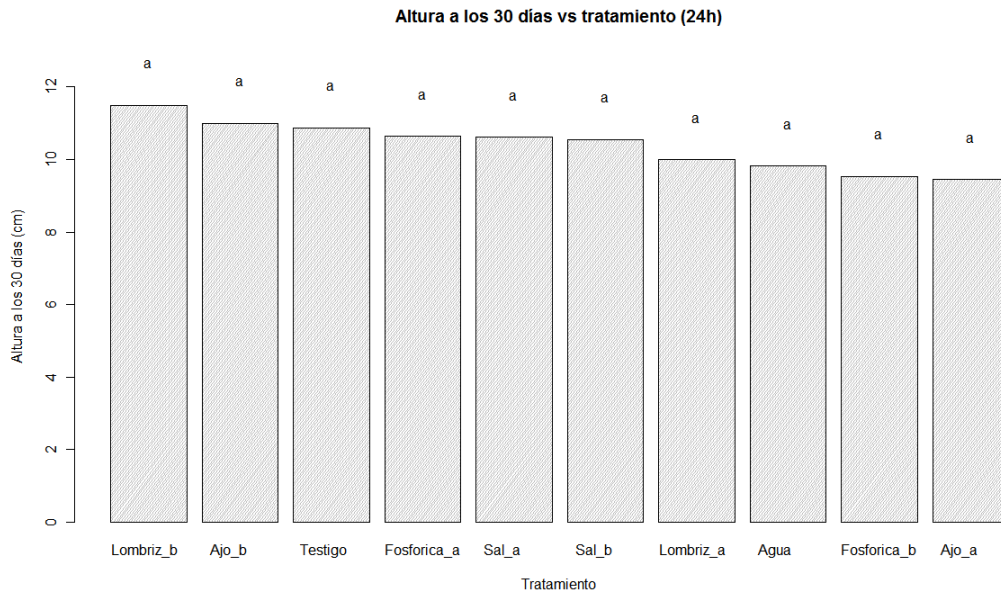
Grafica 5. Altura de planta a los 20 DDE de 24 horas de pre-acondicionamiento.



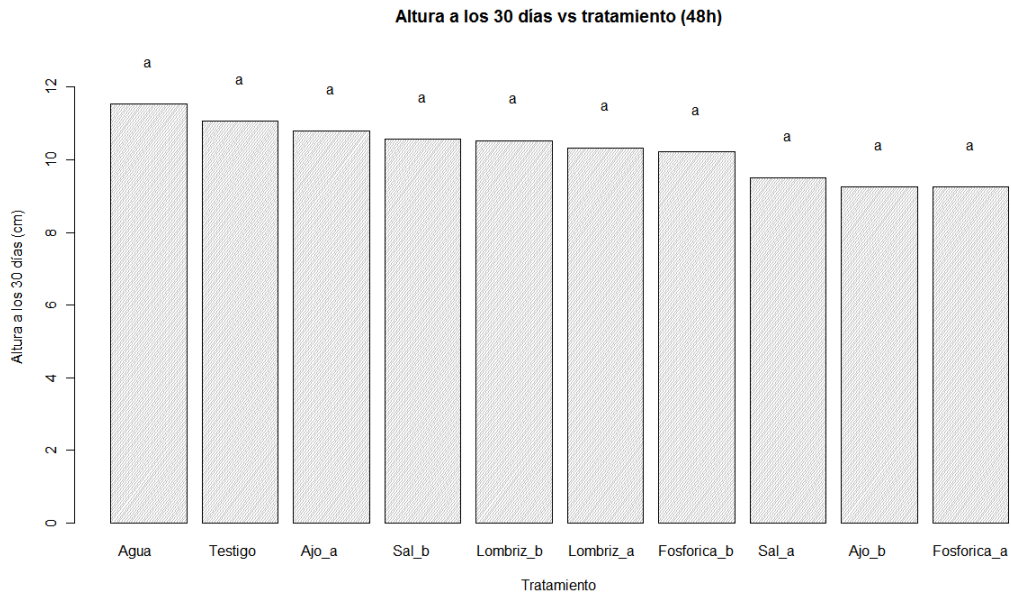
Grafica 6. Altura de planta a los 20 DDE de 48 horas de pre-acondicionamiento.



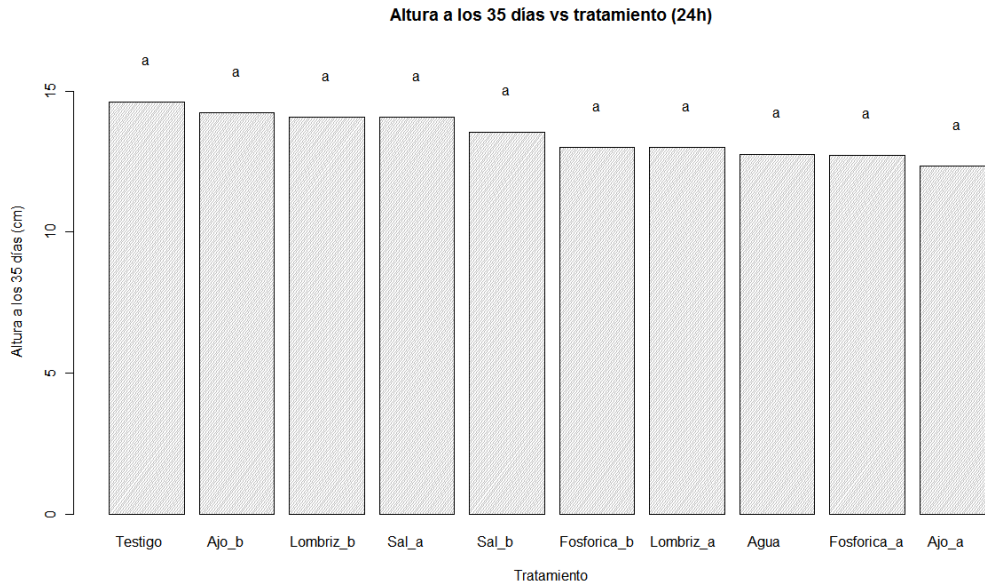
Grafica 7. Altura de planta a los 30 DDE de 24 horas de pre-acondicionamiento.



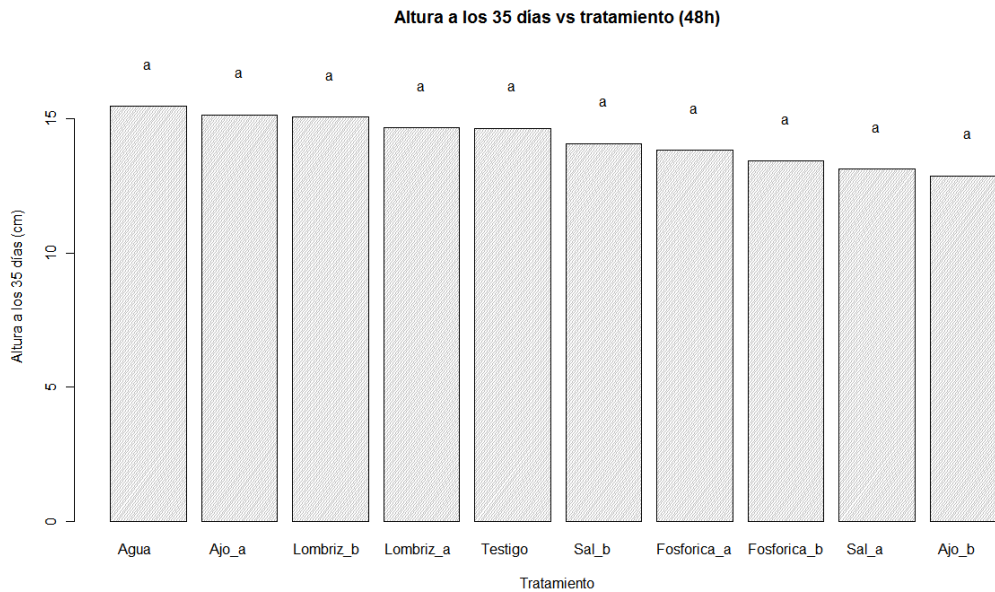
Grafica 8. Altura de planta a los 30 DDE de 48 horas de pre-acondicionamiento.



Grafica 9. Altura de planta a los 35 DDE de 24 horas de pre-acondicionamiento.

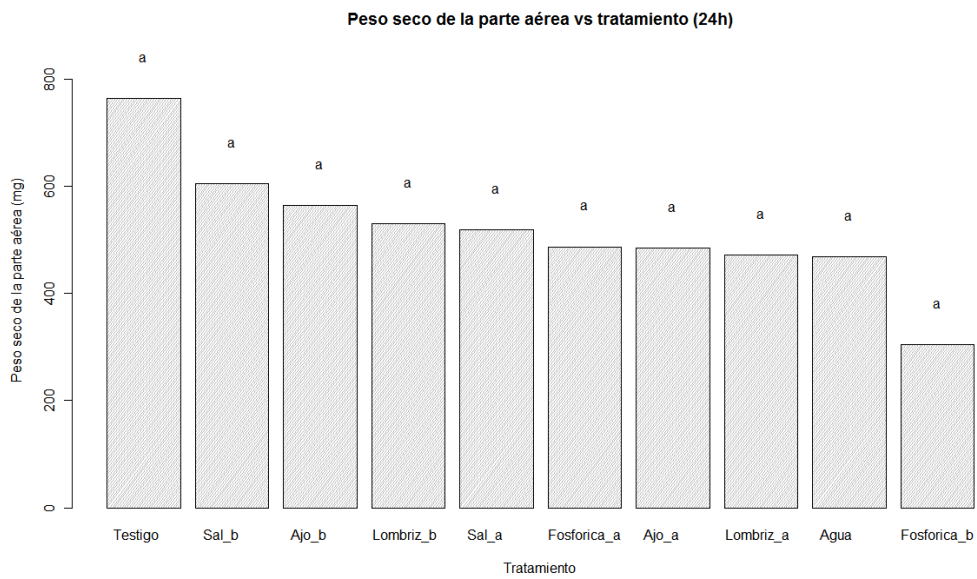


Grafica 10. Altura de planta a los 35 DDE de 48 horas de pre-acondicionamiento.

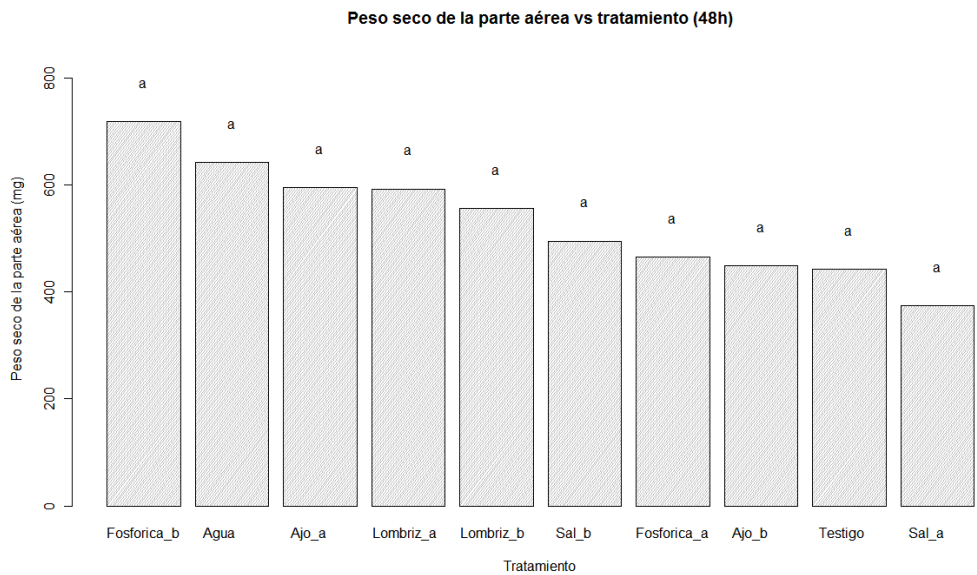


Grafica 11. Peso seco de la parte aérea de plántulas pre-acondionadas a 24

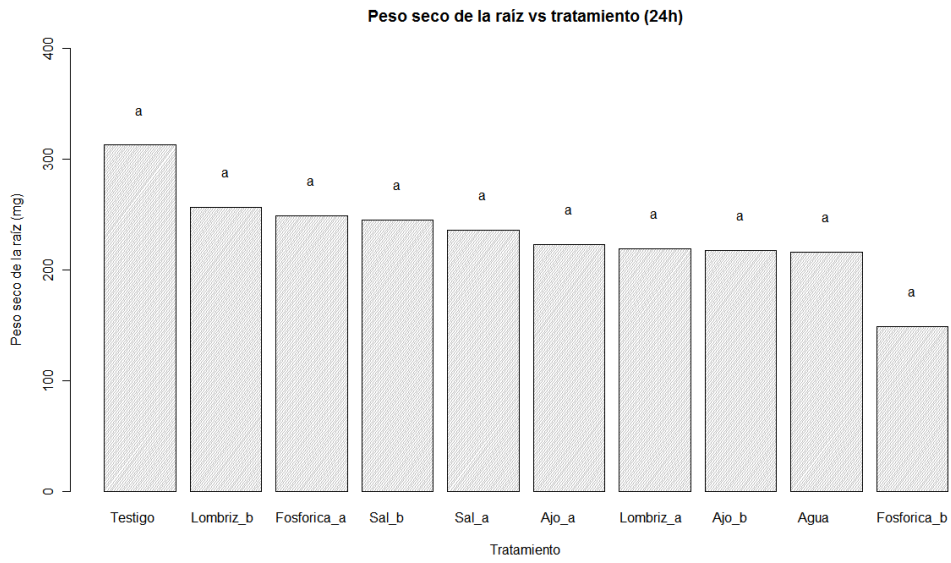
horas.



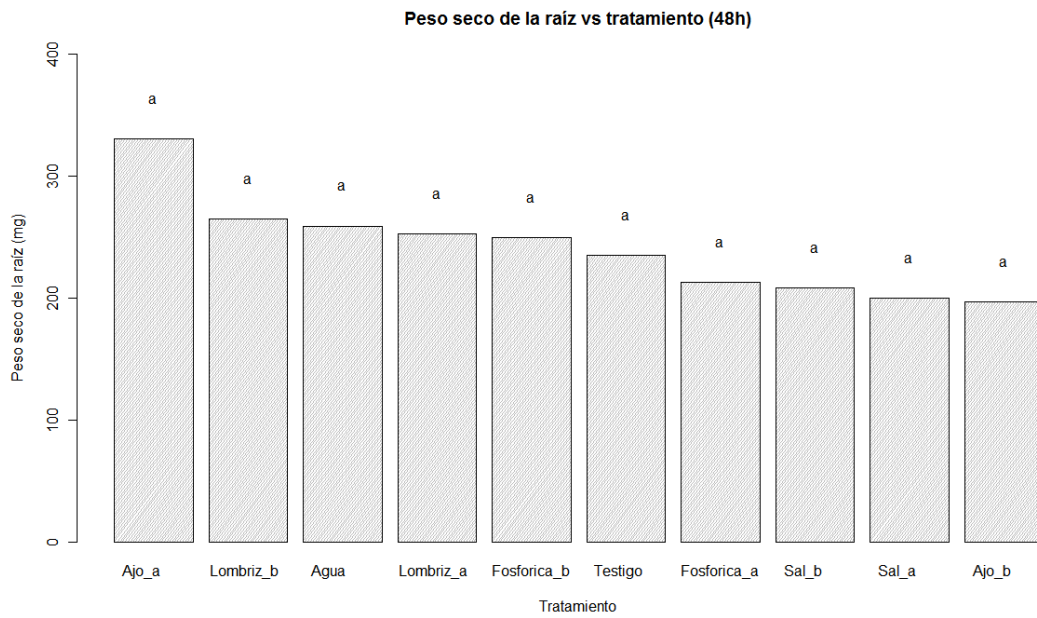
Grafica 12. Peso seco de la parte aérea de plántulas pre-acondicionadas a 48 horas.



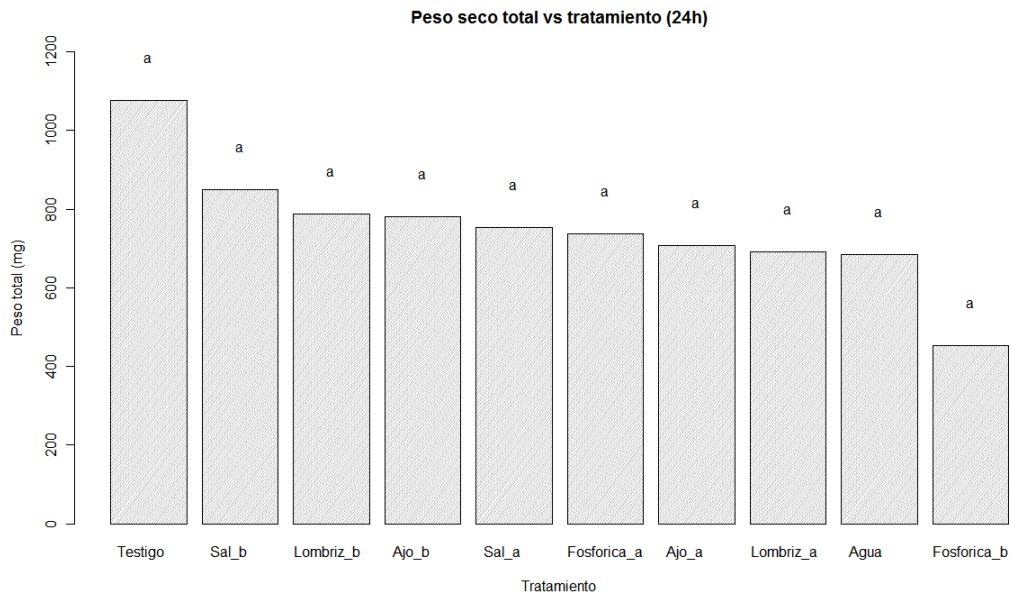
Grafica 13. Peso seco de la raíz de plántulas pre-acondicionadas a 24 horas.



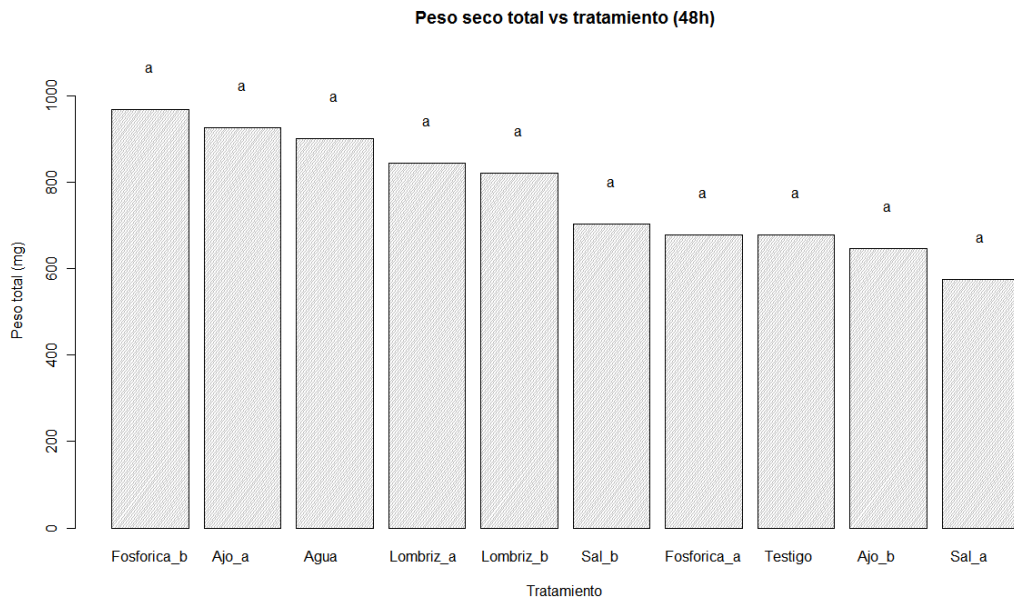
Grafica 14. Peso seco de la raíz de plántulas pre-acondicionadas a 48 horas.



Grafica 15. Peso seco total de plántulas pre-acondicionadas a 24 horas.



Grafica 16. Peso seco total de plántulas pre-acondicionadas a 48 horas.



ANEXO 3. BASE DE DATOS

Tabla 1. Variables de 24 horas de pre-acondicionamiento.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIÓN	GERMINACIÓN %	ALTURA 20DDE (cm)	ALTURA 30DDE (cm)	ALTURA 35DDE (cm)	PFAEREO (g)	PSAEREO (g)	PSRAIZ (g)	PSTOTAL (g)
Testigo	Testigo S/N	1	60	7	10.67	12	3.545	0.505	0.240	0.745
Agua	Test C/A	1	100	7	10.25	11.25	3.198	0.490	0.213	0.703
Ajo b	7.50%	1	60	6.5	11	12.5	3.170	0.499	0.169	0.668
Ajo a	15%	1	80	6.67	10.67	12	3.180	0.484	0.217	0.701
Lombriz b	0.75%	1	80	7	11	11	2.180	0.389	0.202	0.591
Lombriz a	1.50%	1	80	5.33	9.75	11.5	2.447	0.342	0.166	0.508
Fosfórica b	0.04	1	80	7	10	12.5	0.644	0.810	0.550	1.360
Fosfórica a	0.06	1	80	6.25	11.67	13.67	2.842	0.404	0.197	0.601
Sal b	4.14	1	80	7.4	10.25	12.5	3.433	0.547	0.243	0.790
Sal a	6.45	1	100	5.25	7.67	8.67	4.549	0.722	0.273	0.995
Testigo	Testigo S/N	2	60	6.5	9.5	13	6.190	0.934	0.295	1.229
Agua	Test C/A	2	100	6	10.33	14.33	3.029	0.469	0.197	0.666
Ajo b	1%	2	60	6	10	13	4.827	0.730	0.254	0.984
Ajo a	15%	2	60	6	11.5	16	4.081	0.612	0.266	0.878
Lombriz b	0.75%	2	60	5.67	10.5	13.5	3.179	0.460	0.218	0.678
Lombriz a	1.50%	2	60	0	10.67	14.33	1.282	0.166	0.900	1.066
Fosfórica b	0.04	2	80	4.67	6.33	8	3.283	0.497	0.220	0.717
Fosfórica a	0.06	2	100	6.33	8.33	8.75	4.139	0.588	0.318	0.906
Sal b	4.14	2	100	5.2	10.2	13	4.610	0.733	0.272	1.005
Sal a	6.45	2	40	7	10	12	2.585	0.396	0.216	0.612
Testigo	Testigo S/N	3	80	5.33	8	10.67	5.699	0.852	0.403	1.255

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIÓN	GERMINACIÓN %	ALTURA 20DDE (cm)	ALTURA 30DDE (cm)	ALTURA 35DDE (cm)	PFAEREO (g)	PSAEREO (g)	PSRAIZ (g)	PSTOTAL (g)
Agua	Test C/A	3	100	6	8.67	11.67	3.698	0.446	0.239	0.685
Ajo b	7.50%	3	80	6.5	8.5	10	3.090	0.463	0.230	0.693
Ajo a	15%	3	20	4	5.5	9.5	2.377	0.360	0.186	0.546
Lombriz b	0.75%	3	60	6	8.5	0	4.394	0.743	0.350	1.093
Lombriz a	1.50%	3	60	6	8.5	10	5.630	0.909	0.402	1.311
Fosfórica b	0.04	3	100	6.33	10.33	14.67	2.372	0.335	0.172	0.507
Fosfórica a	0.06	3	80	6.75	11	14.25	3.125	0.470	0.232	0.702
Sal b	4.14	3	100	6	9.25	12.5	3.540	0.534	0.220	0.754
Sal a	6.45	3	40	6.5	11.5	15	2.810	0.438	0.218	0.656
Testigo	Testigo S/N	4	80	7	11.75	17				
Agua	Test C/A	4	80	6.25	9.5	13.25				
Ajo b	7.50%	4	100	7.75	13	17.25				
Ajo a	15%	4	60	7	9.5	12				
Lombriz b	0.75%	4	100	8	12.6	16				
Lombriz a	1.50%	4	80	5.25	8	11				
Fosfórica b	0.04	4	80	6.67	11.33	14.67				
Fosfórica a	0.06	4	80	6	10.67	14				
Sal b	4.14	4	80	8	10	13				
Sal a	6.45	4	80	6.5	12	16.5				
Testigo	Testigo S/N	5	80	8.25	13	18				
Agua	Test C/A	5	80	7.33	10.33	13.67				
Ajo b	7.50%	5	80	7.75	10.5	16				
Ajo a	15%	5	20	0	0	0				
Lombriz b	0.75%	5	60	7.67	10.67	14.33				
Lombriz a	1.50%	5	100	7.2	12	16.2				
Fosfórica b	0.04	5	100	7.25	9.75	14.5				

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIÓN	GERMINACIÓN %	ALTURA 20DDE (cm)	ALTURA 30DDE (cm)	ALTURA 35DDE (cm)	PFAEREO (g)	PSAEREO (g)	PSRAIZ (g)	PSTOTAL (g)
Fosfórica a	0.06	5	20	8	13	16				
Sal b	4.14	5	80	8.5	12.75	16.5				
Sal a	6.45	5	80	8	12.75	17.5				

Tabla 2. Variables de 48 horas de pre-acondicionamiento.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIÓN	GERMINACIÓN (%)	ALTURA 20DDE (cm)	ALTURA 30DDE (cm)	ALTURA 35DDE (cm)	PFAEREO (g)	PSAEREO (g)	PSRAIZ (g)	PSTOTAL (g)
Testigo	Testigo S/N	1	80	6.75	10.25	14.75	4.977	0.730	0.410	1.140
Agua	Test C/A	1	40	7	9	13.5	4.133	0.661	0.225	0.886
Ajo b	7.50%	1	40	6	10	15	3.557	0.538	0.240	0.778
Ajo a	15%	1	80	5.67	9	13.67	3.271	0.472	0.237	0.709
Lombriz b	0.75%	1	100	6	11.2	16.2	3.977	0.633	0.253	0.886
Lombriz a	1.50%	1	60	5	10.5	16	4.306	0.622	0.260	0.882
Fosfórica b	0.04	1	80	8	10	13.33	4.490	0.712	0.309	1.021
Fosfórica a	0.06	1	10	5	6.33	13.5	3.591	0.526	0.228	0.754
Sal b	4.14	1	60	7	10	13.33	3.657	0.576	0.237	0.813
Sal a	6.45	1	80	6.67	10.67	15	2.560	0.380	0.231	0.611
Testigo	Testigo S/N	2	60	5.5	10	13	0.307	0.31	0.2	0.51
Agua	Test C/A	2	100	7	10.8	14.8	3.399	0.549	0.29	0.839
Ajo b	1%	2	40	4	7.5	11	2.369	0.314	0.12	0.434
Ajo a	15%	2	60	8	11	13.67	4.027	0.66	0.36	1.02
Lombriz b	0.75%	2	6	7.67	10.67	13.67	2.551	0.402	0.242	0.644
Lombriz a	1.50%	2	80	7	11.25	14.5	4.048	0.615	0.191	0.806
Fosfórica b	0.04	2	60	7	10	14	5.663	0.902	0.257	1.159
Fosfórica a	0.06	2	40	6.5	9	12.5	2.411	0.345	0.196	0.541
Sal b	4.14	2	100	7.5	11.33	14.33	2.566	0.384	0.225	0.609

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIÓN	GERMINACIÓN (%)	ALTURA 20DDE (cm)	ALTURA 30DDE (cm)	ALTURA 35DDE (cm)	PFAEREO (g)	PSAEREO (g)	PSRAIZ (g)	PSTOTAL (g)
Sal a	6.45	2	60	5	8.75	12.25	2.522	0.316	0.164	0.48
Testigo	Testigo S/N	3	80	8.75	13.75	17.75	3.691	0.567	0.275	0.842
Agua	Test C/A	3	100	8	12	15.67	4.589	0.716	0.262	0.978
Ajo b	7.50%	3	40	4	8	11	3.352	0.497	0.230	0.727
Ajo a	15%	3	20	6.5	11	15	4.099	0.652	0.394	1.046
Lombriz b	0.75%	3	100	6.33	10.4	16	3.709	0.633	0.299	0.932
Lombriz a	1.50%	3	60	6.33	10.67	14.33	3.389	0.541	0.306	0.847
Fosfórica b	0.04	3	60	8.5	11	13.5	3.425	0.540	0.182	0.722
Fosfórica a	0.06	3	60	8	11	15.33	3.300	0.524	0.215	0.739
Sal b	4.14	3	60	7	10.33	15.33	3.278	0.526	0.163	0.689
Sal a	6.45	3	60	6.5	8.67	12	2.836	0.427	0.205	0.632
Testigo	Testigo S/N	4	60	8	5.33	8				
Agua	Test C/A	4	80	7.33	11	14.5				
Ajo b	7.50%	4	40	5	7	11				
Ajo a	15%	4	100	8.2	12.4	17.8				
Lombriz b	0.75%	4	80	6.5	9.75	13.75				
Lombriz a	1.50%	4	40	7.5	10	15				
Fosfórica b	0.04	4	60	7	10	13				
Fosfórica a	0.06	4	40	9	11	29				
Sal b	4.14	4	80	8	9.67	13.33				
Sal a	6.45	4	40	5	9.67	13.33				
Testigo	Testigo S/N	5	100	9.25	14	17.25				
Agua	Test C/A	5	100	9.8	13.2	17.2				
Ajo b	7.50%	5	40	10	13.5	16.5				
Ajo a	15%	5	60	6.5	9	13				
Lombriz b	0.75%	5	60	0	0	0				

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	REPETICIÓN	GERMINACIÓN (%)	ALTURA 20DDE (cm)	ALTURA 30DDE (cm)	ALTURA 35DDE (cm)	PFAEREO (g)	PSAEREO (g)	PSRAIZ (g)	PSTOTAL (g)
Lombriz a	1.50%	5	40	5.5	8	12.5				
Fosfórica b	0.04	5	80	7	10.25	13.5				
Fosfórica a	0.06	5	60	6.33	9.5	25				
Sal b	4.14	5	100	8	12	14				
Sal a	6.45	5	100	7.67	10	13.33				