

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**EFFECTO DE UN GRADIENTE DE ELEVACIÓN, PROCEDENCIA Y
TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CHILE PIQUÍN
(*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser y Pickersgill)**

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIÓL. ALMA PAULA LÓPEZ VALDEZ

Linares, Nuevo León, México

Septiembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**EFFECTO DE UN GRADIENTE DE ELEVACIÓN, PROCEDENCIA Y
TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CHILE PIQUÍN
(*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*)
(Dunal) Heiser y Pickersgill**

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIÓL. ALMA PAULA LÓPEZ VALDEZ

COMITÉ DE TESIS




Dr. Enrique Jurado Ybarra
Director



Dra. Marisela Pando Moreno
Secretario



Dr. Horacio Villalón Mendoza
Vocal



Dr. Joel David Flores Rivas
Vocal Externo

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado para la realización de mis estudios y estancia de investigación en el extranjero.

Al Dr. Enrique Jurado Ybarra, por la dirección, asesoría y supervisión de esta investigación. Gracias por su tiempo y paciencia.

A la Dra. Marisela Pando Moreno, por estar siempre disponible con apoyo y asesoría en la revisión de la tesis y presentación de seminarios.

Al Dr. Horacio Villalón Mendoza, por la proporción de frutos de chile piquín y el préstamo del equipo necesario para la realización de la presente investigación. Por su disposición para la revisión de la tesis, presentación de seminarios y sugerencias en los experimentos.

Al Dr. Joel David Flores Rivas, por su disposición para la revisión de la tesis y sus valiosos comentarios. Por el apoyo brindado cuando fui a SLP.

A mis compañeros de laboratorio Regina, Héctor y Juan Ángel, por su apoyo brindado tanto en los trabajos de campo como en laboratorio.

A todas aquellas personas que contribuyeron de alguna u otra forma en la realización de este estudio.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
OBJETIVOS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
HIPÓTESIS.....	9
MÉTODOS.....	10
1)MÉTODO GENERAL DE SELECCIÓN DE SEMILLAS DE CHILE PIQUÍN (Capsicum annun L. var. glabriusculum)	10
2)ENSAYO DE GRADIENTE DE ELEVACIÓN.....	11
3)ENSAYO DE GRADIENTE DE TEMPERATURAS	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACIÓN E HIDRATACIÓN DESHIDRATACIÓN	18
TRATAMIENTO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.....	27
TRATAMIENTO CON ÁCIDO GIBERÉLICO Y TEMPERATURA MEDIA 28	
TRATAMIENTO CON ESCARIFICACIÓN MECÁNICA A TEMPERATURA MEDIA Y +5°C.....	29
CONCLUSIONES	30

BIBLIOGRAFÍA.....	32
ANEXOS	37
1.- Tabla de temperaturas del suelo del mes de Septiembre del 2011.....	38
2.- Tabla de temperaturas del suelo mas 2°C.	38
3.- Tabla de temperaturas del suelo mas 5°C.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación, precipitación y temperatura de los sitios de colecta de las semillas de chile piquín.....	11
Tabla 2. Características de los sitios de estudio.....	12
Tabla 3. Tratamientos de escarificación realizados a las semillas.....	14
Tabla 4. Porcentaje promedio de germinación y desviación estándar para tratamiento control, +2°C y +5°C. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas entre las medias.....	22
Tabla 5. Se observan medias de porcentaje de germinación y desviación estándar, entre los tratamientos de germinación. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas.....	23
Tabla 6. Se observan diferencias de medias y desviación estándar de la proporción longitud tallo/raíz, colocadas a gradientes de altitud. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas.....	26
Tabla 7. Se observan diferencias de medias y desviación estándar de la proporción del peso tallo/raíz de las plántulas, expuestas a gradientes de altitud. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas.....	26
Tabla 8. Porcentaje promedio de germinación y desviación estándar del tratamiento con ácido clorhídrico de semillas de diversas procedencias. Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos de temperatura.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Germinación de chile piquín con dos tratamientos de escarificación química y tratamiento de hidratación deshidratación, a temperatura control (27.6°C y 36.8°C).....	19
Figura 2. Germinación de chile piquín con tratamientos de escarificación, incubadas a una temperatura media (27.6°C y 36.8°C) más 2°C.	20
Figura 3. Germinación de chile piquín con 3 tratamientos y 4 procedencias. En todos los casos se aplicó una temperatura mínima de 32.6°C a las 7:00 am y una máxima de 41.8°C por la tarde. Estas temperaturas corresponden al tratamiento de +5°C sobre la temperatura control.	21
Figura 4. Germinación de chile piquín a diferentes altitudes. Las semillas mostraron mayor porcentaje de germinación a 350m. Se observa que no hubo germinación a 1600m.	24
Figura 5. Germinación de semillas de <i>Capsicum annum</i> por procedencias. Se observa que las semillas originarias de Los Ángeles presentaron mayor porcentaje de germinación para todos los gradientes de altitud.	24
Figura 6. Porcentaje de germinación de semillas de chile piquín, por procedencia por elevación. Las semillas de Los Ángeles respondieron favorablemente tanto a 350 como a 550m.	25
Figura 7. Germinación de chile piquín, semillas tratadas con ácido giberélico. Se observa que las semillas procedentes de La Reforma responden mejor con el tratamiento de ácido giberélico a temperatura control.	28
Figura 8. Escarificación mecánica de semillas de chile piquín por procedencia, a temperatura control y control +5°C. Se observa que las semillas originarias de Los Ángeles presentan mayor porcentaje de germinación.	29

RESUMEN

En este estudio, se realizaron dos experimentos, con la finalidad de evaluar el efecto de un gradiente de elevación y temperatura en la germinación de chile silvestre (*Capsicum annuum* var *glabriusculum*) procedentes de los estados de Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán. En un gradiente de elevación, las semillas se pusieron a germinar a 350, 550 y 1600 m.s.n.m. El porcentaje de germinación más alto fue obtenido a 350 m, las semillas del ejido Los Ángeles alcanzaron el porcentaje de germinación más elevado.

Los tallos fueron más largos y pesados que las raíces para todas las plántulas. Las plántulas del Ejido Los Ángeles, Linares, N.L., fueron más largas y pesadas.

Se simuló un escenario de cambio climático, usando temperatura media y un incremento de la temperatura de +2°C y +5°C. Se usaron métodos de escarificación para romper la dormancia en las semillas, los tratamientos empleados fueron: escarificación mecánica, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido giberélico e hidratación y deshidratación. El porcentaje de germinación más alto fue empleando ácido giberélico a una concentración de 5,000 ppm, con semillas procedentes de Mérida. Lo opuesto ocurrió con la escarificación mecánica, bajo este tratamiento el porcentaje de germinación fue nulo.

ABSTRACT

In this study, two experiments were conducted, in order to evaluate the effect of a gradient of elevation and temperature on seed germination of wild chile (*Capsicum annuum* var *glabriusculum*) from different sources.

In an elevation gradient experiment seeds were set to germinate at 350, 550 and 1600 m. The highest percentage of germination was obtained at 350m, seeds from Los Angeles reached the highest percentage of germination.

Shoots were longer and heavier than roots for all seedlings. Seedlings from Los angeles were longer and heavier.

A climate change scenario was simulated, using mean temperature and a temperature increas of +2°C and +5°C. Scarification methods were used to break dormancy in seeds, the treatments used were: mechanical scarification, hydrochloric acid, sulfuric acid, gibberellic acid and hydration and dehydration. The highest percentage of germination obtained by using gibberellic acid were the seeds from Merida. The opposite occurred with mechanical scarification, under this treatment germination percentage for most origins was nil.

INTRODUCCIÓN

México es considerado como centro de origen y variedad de especies vegetales, entre ellas las especies del género *Capsicum* (Bran *et al.*, 2007). El chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) es una planta silvestre de amplia distribución en la República Mexicana, representada por diferentes variedades, encontrándose en ambientes semidesérticos y tropicales, generalmente asociada con leguminosas (Bañuelos *et al.*, 2008). Su importancia radica en ser base económica temporal de familias que viven en ambientes rurales (Medina, 2003). Debido a su extracción mal planificada, este recurso natural ha disminuido su densidad en sus hábitats (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2003). Esta especie se considera inadecuada para métodos de cultivo agrícolas, debido a las dificultades para su germinación (Hernández Verdugo, 2004). Poco se conoce sobre la germinación de sus semillas, su variabilidad genética, así como los factores ambientales que promuevan la emergencia de la plántula, determinando su establecimiento en zonas naturales e influyendo en la morfología, tamaño y color del fruto (Wall *et al.*, 2002).

Numerosas especies silvestres presentan latencia en sus semillas al terminar la etapa de maduración del fruto en la planta, como una adaptación para evitar la germinación, con la finalidad de permitir la sobrevivencia de la especie a desastres naturales y reducir la competencia en la especie por factores que promueven su desarrollo (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006; Finkelstein *et al.*, 2008). Esta latencia o inhibición de la germinación también conocido como postergación, permite a las semillas diferir la germinación ha los momentos más adecuados para establecer una plántula (Jurado y Flores 2005).

Las adaptaciones de la germinación de las semillas de chile piquín están asociadas al clima local (Hernández-Verdugo *et al.*, 2006). El clima es un factor

determinante en la distribución de especies y comunidades (Mac Arthur 1972; Gray 2005). Así en especies que crecen en ambientes con temperaturas y precipitación favorables durante todo el año, no se espera encontrar inhibición para la germinación (Jurado y Flores 2005), mientras que la dormancia o inhibición para la germinación se presentaría en especies o ecotipos que ocurran en ambientes con épocas de riesgo para el establecimiento de las plántulas, como sequías o heladas.

Debido a la gran influencia de la temperatura y la humedad en los organismos vivos, el cambio climático traerá cambios en los ciclos vitales de plantas, afectando aquellas especies que no pueden moverse altitudinal o latitudinalmente ocasionando la pérdida de la especie en su hábitat (Camarero,1999). Un cambio climático que altere los patrones de precipitación, influyendo en la humedad edáfica, afectará el crecimiento y desarrollo de las plantas (Pascale y Damario, 2004).

En este estudio se evaluaron dos aspectos fundamentales de la germinación de chile piquín: (i) Las condiciones que se pueden usar para promover la germinación de las semillas al remover su latencia, y (ii) se probó la hipótesis: las semillas que provienen de localidades con ambientes más favorables tienen una menor inhibición de la germinación. Para el primer punto se trataron variables como pretratamientos para las semillas, así como diferentes condiciones ambientales para su germinación. Para las semillas de diferentes localidades se trabajó con procedencias de 3 estados del Norte y 3 estados del Sur de la República Mexicana con patrones de precipitación y temperatura contrastantes. La expectativa aquí fue que las semillas procedentes de ambientes con climas menos favorables para el crecimiento vegetal presentarían mayor inhibición de la germinación.

ANTECEDENTES

México es considerado como centro de origen y domesticación del chile (*Capsicum* spp). (Pickersgill, 1971). El cual se encuentra ampliamente distribuido en toda la República Mexicana, representado tanto por especies silvestres como por especies cultivadas, encontrándose con diferentes características morfológicas, fenotípicas y en ecotipos específicos (Aguilar *et al.*, 2010). Por ello, se pueden encontrar cerca de 25 especies silvestres y semicultivadas y cinco especies cultivadas como son: *C. annuum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum* (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999). Debido a su importancia económica, social y agrícola, *C. annuum* es la especie de chile más importante a nivel mundial, presentando mayor diversidad en nuestro país (Laborde y Pozo, 1991), lo cual se puede observar en su morfología, tamaño y color de sus frutos (Pickersgill, 1984). La especie silvestre *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* (Dunal) Heiser y Pickersgill syn. *C. annuum* L. var. *aviculare* (Dierbach) es conocida como chile piquín o chiltepe. Esta planta pertenece a la familia Solanaceae y se caracteriza por ser una especie que puede llegar a alcanzar 4 m de altura, perenne, herbácea o trepadora. Sus flores son blancas, solitarias, raramente de dos a tres pares. Pedúnculo largo y delgado, cáliz truncado; corola blanca raramente verdosa; anteras de color violeta a azul, filamentos cortos y frutos pequeños, globosos u ovoides, erectos y deciduos, semillas de color crema a amarillo (D'Arcy y Esbaugh, 1974). Cuando el fruto alcanza la madurez, adquiriendo un color rojo y pungencia, es consumido por algunas aves frugívoras (Pickersgill, 1971), las cuáles dispersan sus semillas, favoreciendo la migración y beneficiando la readaptación a través de la selección, permitiendo así su diversidad genética (Starck y Ricklefs, 1998).

La producción nacional de frutos de chile silvestre depende únicamente de la extracción de esta especie en su hábitat natural, por lo que se está deteriorando su ecosistema y disminuyendo el germoplasma (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2004). Su distribución comprende toda la República Mexicana, desde la costa de Sonora a Chiapas por el Pacífico y de Tamaulipas a Yucatán y Quintana Roo por el Golfo de México y Atlántico (Laborde y Pozo, 1982). De manera silvestre, se localiza en sitios que no presentan disturbios en la selva baja caducifolia, en orillas de caminos, huertos, potreros, cerca de campos de cultivo (Hernández-Verdugo *et al.*, 1999), en suelos profundos asociado a la selva alta perennifolia hasta las zonas áridas o en la depresión central (Nee, 1986) donde se asocia con plantas nodrizas (Tewksbury *et al.*, 1999), tales como nopal, mezquite, granjeno, cactácea columnar (Kraft *et al.*, 2012), ébano, huizache, chaparro prieto, barreta y anacahuita (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2004). En condiciones naturales, se han registrado poblaciones grandes que responden de manera favorable al suelo tipo vertisol (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2003). Su hábitat comprende altitudes de poca elevación y rara vez sobrepasan los 1000 m de altitud (D'Arcy y Eshbaugh, 1974) aunque se han registrado poblaciones silvestres a 1,300 msnm en Coahuila y a 2,000 msnm en Querétaro (Kraft *et al.*, 2012). En la naturaleza, muestra diversidad fenotípica, la cual se puede observar por las diferentes características representadas en la morfología de la hoja y del fruto, patrón de germinación de las semillas y resistencia a patógenos (Hernández-Verdugo *et al.*, 2001). Esto obedece a factores bióticos y abióticos que han influido en los diferentes ecotipos del chile piquín, como consecuencia, muestran diferentes patrones de desarrollo y reproducción, ya sea en su hábitat natural o cultivados (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2004). Hernández-Verdugo *et al.*, (2008), mencionan que las poblaciones silvestres de chile piquín del noroeste del país muestran variación en la capacidad de germinación de sus semillas, la cual depende de las características ambientales en las que se desarrolló la planta madre (Hernández-Verdugo *et al.*, 2001). Hartman y Kester (1998) determinaron que los factores abióticos que influyen en la germinación

son el agua, el oxígeno, la luz y la temperatura, siendo éste último factor el más relevante en la germinación. Donoso (1997) menciona que la procedencia de la semilla interviene en la capacidad germinativa pues existen factores bióticos y abióticos que determinan su germinación, supervivencia y muerte, siendo la variación climática y el suelo factores importantes para el establecimiento de la planta. Evans y Cabin (1995) establecen que la variación en la velocidad de germinación total es experimentada por especies que presentan una reproducción sexual, con la finalidad de disminuir la probabilidad de muerte en su crecimiento, mediante la germinación en diferentes tiempos. Esa variación se puede encontrar tanto entre poblaciones (Meyer *et al.*, 1997) como entre semillas procedentes de la misma planta madre (Schutz y Rave, 2003). Sin embargo, se debe considerar la calidad de la semilla, pues el vigor es una condición de la semilla en el que intervienen factores genéticos, expresados fenotípicamente en la planta y que combinados con factores exógenos como nutrición de la planta madre (McDonald, 1998), edad (Fenner, 1991), ubicación de la semilla en la planta madre (Tieu *et al.*, 2001), tamaño de la semilla y forma (Jones y Nielson, 1999; Baloch *et al.*, 2001), tiempo de fructificación, técnica y tiempo de almacenamiento de la semilla (Santarém y Aquila, 1995), actúan en el porcentaje de germinación y desarrollo de la semilla.

Rodríguez del Bosque *et al.* (2004) mencionan que se ha registrado germinación menor al 5% durante el primer mes de siembra en semillas de poblaciones silvestres de Chile piquín, ello debido a que la semilla presenta latencia, ya que la testa está compuesta por cera epicuticular y una capa externa dura que la hacen impermeable, lo que influye en una adecuada absorción de agua. Según Mayer y Mayber (1975), la impermeabilidad de la cubierta seminal puede ser causa de dormancia en la semilla. Bewley (1997) define dormancia como la incapacidad de la semilla de germinar cuando las condiciones ambientales son favorables. La germinación inicia con el consumo de agua y concluye con la elongación del eje embrionario (Bewley y Black,

1994). Sin embargo, dadas las características individuales de las semillas de una misma especie, la germinación no es un proceso que se exprese simultáneamente en una misma población (Bewley, 1997). Baskin y Baskin (2004), mencionan que las semillas de diferentes especies presentan dormancia en la madurez, y existen mecanismos inherentes a las semillas para retardar su germinación (Baskin y Baskin, 2004), sin considerar aquellas provenientes de ecosistemas tropicales y subtropicales. Si bien, existen diferentes tipos de dormancia, estos investigadores consideran que la dormancia mecánica es un aspecto de la dormancia fisiológica y la dormancia química es débil. Para Bewley (1997), la dormancia permite distribuir la germinación a través del tiempo en una población de semillas. Aún así, en las poblaciones silvestres, las semillas que experimentan dormancia pueden persistir en el suelo muchos años, antes de que germinen. En el caso de la familia del chile piquín, Solanaceae, se ha documentado que presenta dormancia fisiológica no profunda, en el cuál la germinación es influida por factores como fitocromos, temperatura y reguladores de crecimiento de plantas tales como ácido abscísico y giberilinas (Baskin y Baskin, 2004). Sin embargo, Meyer y Monsen (1991) consideran que los tiempos de germinación responden a una adaptación relacionada con las características del ambiente natural de la especie, y está principalmente asociado a factores climáticos locales. Pons (1992) considera que los factores imperantes que modulan la germinación de diferentes especies en su hábitat son la luz y la temperatura, lo que permite el establecimiento de un banco de semillas que asegura que los embriones de una especie determinada germinen cerca de la superficie del suelo. Donoso (1997) considera que la altitud es un parámetro que influye en la fluctuación de la temperatura. Mayer y Mayber (1975) argumentan que cada especie presenta un rango propio de temperatura óptima de germinación, el cuál es controlado por la procedencia de la semilla, genética de la especie, diferencias varietales y longevidad de la semilla y un cambio en este factor afectará el proceso germinativo de manera individual. Martínez-Solís *et al.* (2005) establecen que la

temperatura está vinculada con la germinación, emergencia y la expresión del vigor de la planta. Por ello, a medida que se presenten cambios de temperatura a nivel mundial (Moore y Allard, 2008), como el cambio climático, se registrarán modificaciones en los organismos de manera individual, como a nivel de comunidad (Andrewartha y Birch, 1954), así como en la distribución de poblaciones de vegetación y su diversidad (Hughes 2000), alterando sus ciclos vitales como germinación, floración, fructificación y sus relaciones bióticas (Peñuelas *et al.*, 2002). En los ecosistemas, las poblaciones silvestres serán limitadas en su distribución tanto altitudinal como latitudinal, lo que podría ocasionar eventualmente la extinción de las comunidades vegetales (Reichstein *et al.* 2002). Éste fenómeno natural conlleva cambios en el medio abiótico a nivel local, ello se puede observar en los cambios de temperatura, humedad del suelo, intensidad de luz (MIMAM, 2006), cambios en los patrones de precipitación (Miranda, 2008), por lo que se espera que en las zonas áridas y semiáridas, la germinación sea afectada pues habrá un aumento de la temperatura, largos períodos de sequía y lluvias esporádicas (IPCC, 2007); situación que también acontecerá en las zonas tropicales y subtropicales (Moore y Allard, 2008). Por ello, al incrementar la temperatura se modifican los fenómenos meteorológicos, los cuáles influyen en la fenología y distribución de plantas y sus relaciones bióticas (Osborne *et al.* 2000; Abu-Asab *et al.* 2001, Hepper 2003).

Hernández Verdugo *et al.* (2000), obtuvieron un 53.1% de germinación al realizar experimentos con *C. annuum* con temperatura fluctuante, al aplicar 500 ppm de ácido giberélico a las semillas. Sin embargo, obtuvieron resultados bajos al emplear ácido sulfúrico, ya que el porcentaje de germinación fue 12.4%.

En otro estudio, Hernández Verdugo *et al.* (2010) encontraron que existe una correlación entre la variación morfológica y los factores climáticos de los sitios

de origen de las poblaciones estudiadas, siendo la temperatura y la cantidad de agua disponible por las plantas durante su crecimiento factores que influyen y generan diferencias entre las poblaciones de *C. annuum* var. *glabriusculum* en su ambiente natural.

Gutiérrez Nava *et al.* (2010), obtuvieron 50% de germinación al tratar semillas de *Lupinus campestris* con H₂SO₄ durante 90 minutos, en comparación con aquellas que no fueron sometidas a algún tratamiento de escarificación, 18%.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Montejó *et al* (2004), el tratamiento de hidratación-deshidratación fue adecuado para disminuir la dormancia impuesta por las cubiertas seminales.

En los últimos años se han estudiado nuevas técnicas para mejorar la germinación; entre estas se destaca el uso de tratamientos fisiológicos de hidratación-deshidratación, los cuales resultaron ser adecuados para incrementar, acelerar y sincronizar la germinación de las semillas frescas y envejecidas de muchos cultivos (McDonald, 2000; Sánchez *et al.*, 2005), y a su vez permiten el intercambio de agua y gases a través de las cubiertas duras y cutinizadas.

Algunos investigadores encontraron que en semillas colectadas a mayores elevaciones, dentro del rango de distribución de la especie, los porcentajes de germinación eran mayores (Vera, 1997). Ya que el porcentaje de germinación y el crecimiento inicial pueden ser influidos por la altitud en la cual fue colectada la semilla (Vera, 1997).

Otros estudios demuestran que el crecimiento de las plantas en menores elevaciones es mayor, lo que redundaría en un porcentaje mayor de establecimiento de las plántulas, por lo que a mayor altitud el crecimiento de las plántulas es menor (Viveros y Viveros, 2009).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de gradientes de elevación y temperatura en la germinación de semillas de chile piquín (*Capsicum annuum*) de diferentes procedencias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de un gradiente de elevación en la germinación de semillas de chile piquín (*Capsicum annuum*).
- Evaluar el efecto de la temperatura en la germinación de semillas de chile piquín (*Capsicum annuum*).

HIPÓTESIS

- Las semillas procedentes de zonas áridas y semiáridas tendrán mayor porcentaje de germinación en climas asociados a su hábitat natural.
- Las semillas procedentes de ambientes cálidos presentarán mayor porcentaje de germinación en elevaciones bajas.
- Las semillas procedentes de climas favorables para el crecimiento vegetal tendrán menos inhibición de la germinación.

MÉTODOS

En éste capítulo, se describen los tratamientos y técnicas empleadas para la escarificación de semillas, así como los procedimientos aplicados en los diferentes ensayos.

1) MÉTODO GENERAL DE SELECCIÓN DE SEMILLAS DE CHILE PIQUÍN (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*)

Para evaluar el efecto del gradiente altitudinal y de temperatura en la germinación de semillas de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*), se colectaron frutos rojos, maduros, sin manchas, de buena apariencia, provenientes de plantas madre de vida silvestre, de los estados de Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán. Se seleccionaron frutos de plantas madre fenotípicamente saludables, de buen porte, follaje verde, sin presencia de enfermedades. Una vez colectados los frutos maduros, se procedió a colocarlos a temperatura ambiente, durante un mes, con la finalidad de disminuir el contenido de humedad. Al cabo del mes de deshidratación, se procedió a extraer manualmente las semillas de los frutos, se eligieron aquellas semillas de color amarillo, de buen tamaño, sin daño mecánico, ni manchas y sin presencia de hongos.

En la tabla 1, se describen las procedencias de los frutos de chile piquín, empleados en los ensayos de germinación.

Tabla 1. Ubicación, precipitación y temperatura de los sitios de colecta de las semillas de chile piquín.

Procedencia	Estado	Altitud msnm	Precipitación media anual mm	Temperatura media anual °C	Colecta mes/año
Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	522	900	25.4	06/2011
					03/2012
Monclova	Coahuila	600	293.6	21.5	09/2009
La Reforma	Nuevo León	350	600	18	11/2010 01/2011
Los Ángeles	Nuevo León	550	840	22	
Guajolote	Nuevo León	350	600	18	
Villahermosa	Tabasco	20	1500	26	01/2012
Avileño	Tamaulipas	300	640	25	10/2009
Oyama	Tamaulipas	349	700	21.5	12/2010
San Carlos	Tamaulipas	432	600	25.5	11/2012
Mérida	Yucatán	8	1000	26	03/2012

2) ENSAYO DE GRADIENTE DE ELEVACIÓN.

Este ensayo se realizó del 15 de Septiembre al 15 de Octubre de 2011. Para ello, se utilizaron semillas procedentes de: Avileño, Guajolote, Oyama, Los Ángeles, La Reforma y Tuxtla Gutiérrez, para observar las características ecogeográficas de las semillas, se puede observar la Tabla 1. La selección de semillas a germinar se basó en los criterios descritos en el apartado 1 de éste

capítulo. Para promover la germinación de las semillas, se escarificaron manualmente con una lija fina, con la cautela de no dañar el embrión. Se utilizaron 3 semilleros de poliestireno con 160 cavidades de 60x31x12 cm, se enumeraron con números romanos I, II y III, en la parte central del contenedor y del 1 al 16 en las filas. Posteriormente, se llenaron completamente los 3 contenedores con una mezcla de tierra de monte (60%), peat moss (30%) y perlita (10%), y se procedió a sembrar las semillas de chile piquín. Para cada procedencia, el ensayo consistió en 4 repeticiones, sembrando 4 semillas por repetición, para tener un total de 240 semillas sembradas por procedencia, por contenedor. Para evaluar el efecto de la altitud en la germinación de semillas, se colocó un contenedor en cada una de las tres elevaciones. En la tabla 2, se describen los sitios de estudio.

Tabla 2. Características de los sitios de estudio.

Localidad	Estado	Altitud Msnm	Precipitación media anual mm	Temperatura media anual °C
Bosque Escuela	Nuevo León	1600	673.6	17.2
FCF	Nuevo León	350	749	22
Los Ángeles	Nuevo León	550	840	22

Se trasladaron los contenedores a los siguientes sitios: Bosque Escuela, ubicado en el municipio de Iturbide, Facultad de Ciencias Forestales (UANL) y Los Ángeles, éstos dos últimos sitios localizados en el municipio de Linares. Cada semillero se colocó dentro de una jaula elaborada con marcos de madera y malla metálica, con la finalidad de resguardarlos y evitar la pérdida de las semillas y plántulas por depredación.

Las jaulas ubicadas en el Bosque Escuela y en la Facultad de Ciencias Forestales se colocaron bajo la sombra de un invernadero, ya que éstas instalaciones cuentan con ésta infraestructura, mientras que la jaula colocada en Los Ángeles se dispuso bajo la sombra de un árbol, ello debido a que, tanto las semillas, como las plantas de chile piquín, requieren de plantas nodrizas que les proporcionan un microclima favorable para su correcto crecimiento.

Posteriormente, se regaron los semilleros todos los días y se evaluó la germinación en un formato de registro día a día, durante un mes. Al cabo de este periodo, se evaluó la proporción tallo raíz de cada una de las plántulas, para ello, se separaron los contenedores por procedencia de elevación y se sumergieron en agua durante una hora, con la finalidad de extraer con mayor facilidad las plántulas de chile piquín, una vez extraídas se midió la longitud del tallo y raíz (cm) desde el cuello de la plántula hasta la punta del tallo y de la raíz, después se procedió a guardar en bolsas de papel los tallos y raíces por separado, etiquetándolos con la procedencia de la semilla y elevación expuesta, se procedió a secarlas en la estufa a 60°C, hasta obtener peso constante, posteriormente se obtuvo el peso seco de raíces y tallos (g) en una balanza analítica, para su análisis posterior.

Análisis estadístico

Se cuantificó la germinación total (en porcentaje). Para obtener una distribución normal de los datos, los valores obtenidos de los porcentajes de germinación fueron transformados a sus valores arcoseno. Los resultados se analizaron por medio de un ANOVA, en donde las variables de respuesta fueron el porcentaje de germinación, longitud y peso del tallo y raíz y la variable de tratamiento la altitud.

3) ENSAYO DE GRADIENTE DE TEMPERATURAS

En este ensayo, se realizaron cuatro tratamientos de escarificación y uno de hidratación deshidratación como escarificación mecánica, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido giberélico y mojado y secado, con la finalidad de evaluar el efecto del tratamiento y de la temperatura en el porcentaje de germinación. Los tratamientos realizados se pueden observar en la tabla 3. Para conocer las características ecogeográficas de cada semilla a evaluar, se puede observar la Tabla 1.

Tabla 3. Tratamientos realizados a las semillas.

Procedencia	Tratamiento	Ácido clorhídrico 37%	Ácido Giberélico 5000ppm	Ácido Sulfúrico 97%	Mecánica	Mojado y Secado
Tuxtla Gutiérrez		X	x		x	
Monclova		X	x		x	
La Reforma		X	x		x	
Los Angeles		X	x	x	x	X
Guajolote		X	x		x	
Villahermosa		X	x		x	
Avileño		X	x		x	
Oyama		X	x	x	x	X
San Carlos				x		X
Mérida		X	x	x	x	X

Para simular el escenario de cambio climático, se tomó como base la temperatura media del suelo del mes de septiembre de 2011 (temperatura control), para la region de Linares, posteriormente se extrapolaron los valores de temperatura, incrementando 2 °C y 5 °C. Se tomó este mes como base dado que es el mes en que germina el chile piquín en ambientes naturales.

En el tratamiento de hidratación y deshidratación (mojado y secado) se simularon los periodos de precipitación en verano.

El proceso de selección de frutos y semillas se basó en los criterios descritos en la sección 1 de éste capítulo. Para observar los tratamientos empleados para cada procedencia se puede referir a la Tabla 3. Los procedimientos para escarificar las semillas fueron:

Ácido Clorhídrico: Se preparó una solución de 100 ml de éste ácido en un matraz de aforación, mezclando $\frac{1}{4}$ de HCl a 98% y $\frac{3}{4}$ de agua destilada, acto seguido se introdujo dentro de la solución un agitador y se colocó la solución en la plancha durante 3 minutos para obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, se etiquetaron con marcador de aceite 9 vasos de precipitado de 50 ml, cada uno con el nombre de las procedencias de las semillas, y se procedió a verter 100 semillas en el vaso de precipitado con su etiqueta de procedencia correspondiente. En seguida, se agregaron 10 ml de la solución de HCl en un vaso de precipitado, con semillas procedentes de Avileño, y se dejó actuar durante 12 minutos, al término de este tiempo, se vertió la solución en un colador para escurrir la mezcla, después se procedió a lavar las semillas con agua corriente durante 10 minutos. Se dejó escurrir el agua de las semillas y se procedió a sembrar. Éste tratamiento se repitió 9 veces, para cada una de las procedencias.

Ácido Giberélico: Se preparó una mezcla de 200 ml de ácido giberélico en un vaso de precipitado de 250 ml, se virtieron 10 g de la fitohormona BIOGIB 10

PS y se mezcló de manera uniforme con un agitador hasta disolver el polvo soluble. Posteriormente, se etiquetaron 9 vasos de precipitado con marcador de aceite, con el nombre de las procedencias de las semillas. Se introdujeron las semillas en cada vaso de precipitado con su etiqueta de procedencia correspondiente y se procedió a imbibirlas en 10 ml de la solución de ácido giberélico durante 24 horas. Al cabo de este tiempo, se dejó escurrir la mezcla.

Ácido Sulfúrico: Se prepararon 100 ml de una mezcla de $\frac{1}{4}$ de ácido sulfúrico a 87% y $\frac{3}{4}$ de agua destilada en un matraz de aforación de 100 ml. Se introdujo un agitador y se colocó en la plancha durante 5 minutos para obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, se etiquetaron 4 vasos de precipitado con el nombre de las procedencias de las semillas, en seguida se virtieron las semillas de Los Ángeles, dentro del vaso de precipitado respectivo, y se virtieron 15 ml de la solución, dejándola actuar durante 5 minutos, pasado este lapso, finalmente, se continuó con el escurrimiento de la solución con la precaución de no tirar las semillas y finalmente se lavaron durante 10 minutos con agua corriente. Este procedimiento se repitió para cada procedencia restante.

Mecánica: Se escarificaron las semillas empleando una lija fina de manera cuidadosa, de tal forma de no dañar el embrión.

Mojado y Secado: Para éste tratamiento, se etiquetaron 4 vasos de precipitado con el nombre de la procedencia de las semillas a emplear, en seguida se introdujeron las semillas en los vasos de precipitado correspondientes a su procedencia y se imbibieron las semillas en agua destilada durante 40 minutos (Ver Tabla 4, para procedencias), después de éste tiempo se escurrió el agua y se dejaron secar durante 30 minutos. Esta operación se repitió 4 veces para el mojado y 3 ocasiones para el secado.

Una vez escarificadas las semillas, se procedió a sembrarlas en la mezcla de sustrato descrita anteriormente, en un contenedor de polietileno. Para evaluar el

efecto de variación de temperatura en la germinación de semillas de chile piquín, se utilizó una incubadora marca Lumistell ICP-54, con 12 horas luz y 12 horas oscuridad, el tratamiento consistió en realizar 4 repeticiones. En cada repetición se colocaron 4 semillas, sembrando un total de 96 semillas por procedencia, por tratamiento, en el contenedor. Excepto para el tratamiento de estratificación doble, el cuál se describió anteriormente. Con respecto a la evaluación del efecto de variación climática, se aplicaron tres temperaturas diferentes, para ello se tomó como base la temperatura del suelo del mes de septiembre de 2011, simulando la temperatura del día desde las 7:00 am hasta las 17:00pm, dejando la temperatura estable en la germinadora desde las 17:00 hasta las 7:00 am. Este tratamiento duró un mes, se empleó un tratamiento control con las temperaturas reales del suelo a la cuál se le adicionaron 2°C y 5°C. Los tratamientos de temperatura empleados se pueden observar en el Anexo. Se colocaron los contenedores en 3 germinadoras, para evaluar la germinación de las semillas sometidas a la temperatura indicada, registrando en un formato especial la germinación todos los días, durante un mes.

5) Análisis estadístico. Se convirtieron los valores de porcentaje a arcoseno, se utilizó el paquete SPSS versión 16. Se realizaron análisis de varianza de una vía (one way) ya que sólo hay un factor de análisis, procedencia de la semilla; análisis bifactorial (se compararon la procedencia y temperatura) y análisis trifactorial ya que se analizaron tres factores como procedencia, temperatura y tratamientos y la prueba de Tukey para comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACIÓN E HIDRATACIÓN DESHIDRATACIÓN

Se presentaron diferencias entre tratamientos, temperaturas y procedencias. Al comparar el efecto de la temperatura media, las semillas procedentes de Mérida germinaron en mayor porcentaje en cualquiera de los tres tratamientos de escarificación en comparación de las otras procedencias (Fig. 1). Sin embargo, es el ácido giberélico el que promueve mayormente la germinación para cualquiera de las procedencias. Ello se debe a que el ácido giberélico es una hormona que reblandece el endospermo e induce el movimiento de reservas y estimula la germinación (Bewley y Black, 1994). Los estudios sobre germinación de chile piquín en México, muestran resultados contrastantes. Ramírez-Meraz *et al.* (2003) empleó 5 000 ppm de AG y logró 66% de germinación, mientras que Hernández-Verdugo *et al.* (2006) encontraron mayor efectividad con 250 y 500 ppm de AG, con promedios de 46 y 43% de germinación. García Federico *et al.* (2010) compararon el efecto de dos productos comerciales de ácido giberélico, y encontraron que al emplear Cyto-Gibb el porcentaje de germinación fue mayor (82%) a registros de germinación obtenidos con Bio Gibb (68%) y testigo (33%). Esta situación se podría justificar por la presencia adicional de micronutrientes y ácidos húmicos en la composición de Cyto-Gibb.

No obstante, a pesar de las ventajas fisiológicas de ácido giberélico, no es un requisito para la germinación (Hilhorst, 2007), pues la biosíntesis y catabolismo entre ácido giberélico y ácido abscísico y su balance, favorecería la germinación o latencia de semillas (Cadman *et al.*, 2006). Los diferentes porcentajes de germinación de las procedencias de las semillas son atribuibles a su origen

ecológico y geográfico diferente, pues alteran negativamente el patrón de germinación de semillas (Hernández-Verdugo *et al.*, 2001).

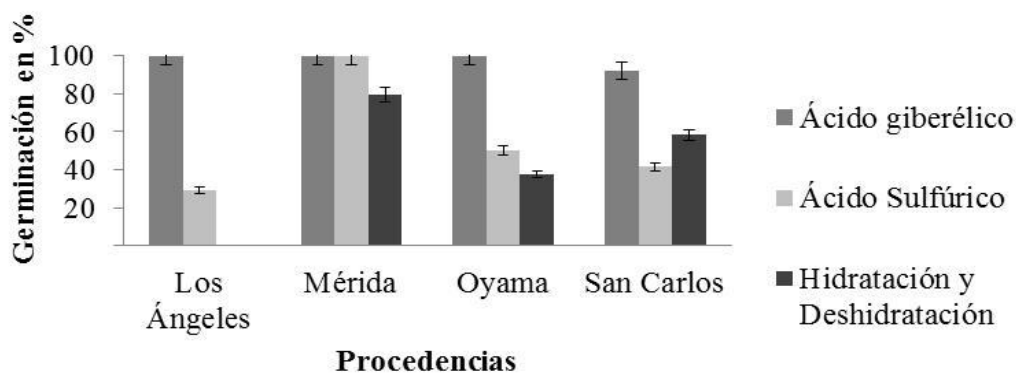


Figura 1. Germinación de chile piquín con dos tratamientos de escarificación química y tratamiento de hidratación deshidratación, a temperatura control (27.6°C y 36.8°C).

En el tratamiento donde se simulan los periodos de precipitación en verano (hidratación y deshidratación) se observa que el porcentaje de germinación es menor para cualquiera de las procedencias (Fig. 2), en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, son las semillas procedentes de Mérida las que presentan mayor porcentaje de germinación.

Sánchez *et al.* (1997) lograron revigorizar y aumentar considerablemente el porcentaje de germinación final en semillas frescas de pimiento (*Capsicum annuum*) que presentaron un potencial germinativo inicial reducido o nulo, lo cual es semejante a los resultados obtenidos en el estudio.

En *Solanaceae* es característico el letargo físico debido a la impermeabilidad de la cubierta seminal (Hartmann & Kester, 1998; Sampaio *et al.*, 2001), en dicha familia, la semilla se encuentra en muchos casos impedida físicamente para completar la germinación debido a la rigidez del tegumento, por lo cual éste

debe ser primeramente ablandado para que la radícula pueda emerger (Black *et al.*, 2006). Sin embargo, Baskin y Baskin (2000) mencionan que *Capsicum annuum* presenta dormancia fisiológica no profunda, a pesar de pertenecer a la familia Solanaceae.

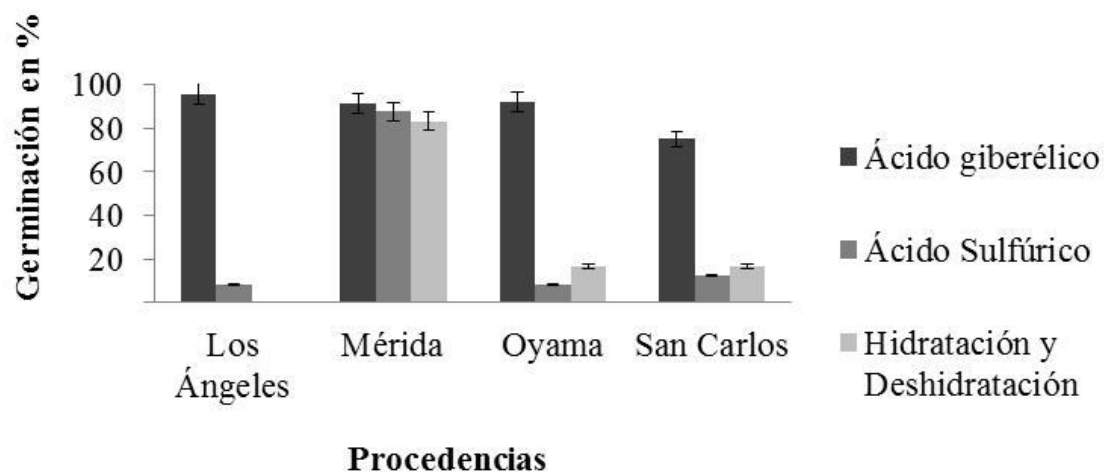


Figura 2. Germinación de chile piquín con tratamientos de escarificación, incubadas a una temperatura media (27.6°C y 36.8°C) más 2°C.

Al aumentar la temperatura 2°C y 5°C, se observa que las semillas originarias de Los Ángeles, Linares, presentan el mayor porcentaje de germinación empleando ácido giberélico, sin embargo, son las semillas procedentes de Mérida las que germinaron en mayor porcentaje en cualquiera de los tres tratamientos de escarificación. Asimismo, se observa que al aumentar la temperatura 2°C, el porcentaje de germinación disminuyó ligeramente para cualquiera de los tres tratamientos.

Al aumentar 5°C (Fig. 3), el tratamiento con ácido giberélico se obtuvo una menor germinación de chile piquín. Se observa, que al aumentar la temperatura existe un efecto negativo en la emergencia y crecimiento de las plántulas, pues

su desarrollo fue más lento en comparación con las temperaturas mencionadas anteriormente. Por lo que al simular las temperaturas del cambio climático, se disminuirá el porcentaje de germinación para ésta especie, lo cual muestra que el chile piquín es susceptible a altas temperaturas.

De acuerdo a Baskin y Baskin (2000), las semillas germinan en un rango amplio de temperatura, pero las temperaturas máximas y mínimas varían con la especie. Se ha demostrado que las variaciones de temperatura son mayores cerca o en la superficie y en lugares en donde el dosel de los árboles ha sido eliminado (Thompson et al. 1977; Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia 1982). Las poblaciones silvestres de *C. annuum* del noroeste de México están sujetas durante el periodo de germinación a diferencias de temperatura diaria por arriba de 30°C entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Por lo tanto, es probable que la germinación de semillas de ésta especie estén reguladas por la luz y por estas fluctuaciones de temperaturas.

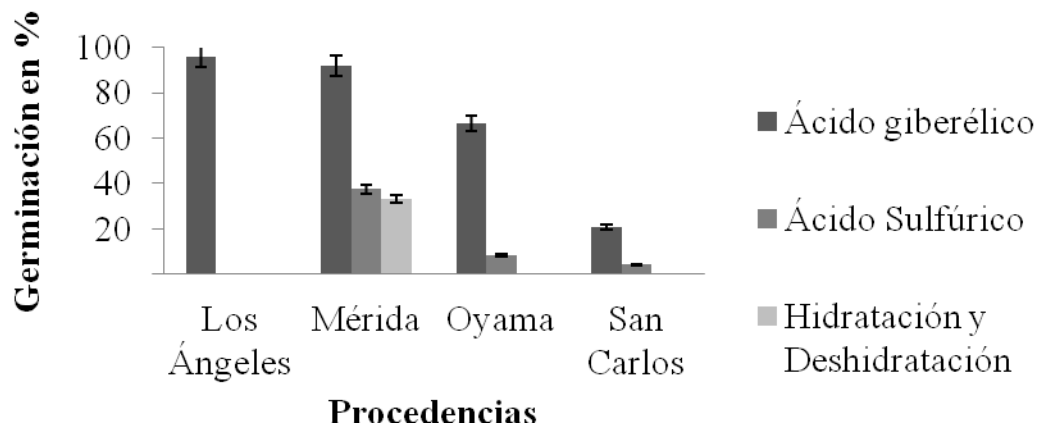


Figura 3. Germinación de chile piquín con 3 tratamientos y 4 procedencias. En todos los casos se aplicó una temperatura mínima de 32.6°C a las 7:00 am y una máxima de 41.8°C por la tarde. Estas temperaturas corresponden al tratamiento de +5°C sobre la temperatura control.

Al comparar las procedencias de las semillas, se observa que las del sur del país (Yucatán) son diferentes a las del norte (Nuevo León y Tamaulipas). Siendo las semillas originarias de Mérida las que presentaron mayor germinación, independientemente de la temperatura y el tratamiento pregerminativo. Ello se debe a que las semillas procedentes de áreas tropicales, sin riesgo de sequía ni heladas, presentan menos dormancia que las semillas de origen desértico o semidesértico (Baskin y Baskin, 2000).

Con respecto a la evaluación de temperaturas, se observa que son diferentes entre sí, se considera la temperatura media como el control y como tratamientos las temperaturas al incrementar 2°C y 5°C (Tabla 4). En relación con los resultados obtenidos se tiene que a mayor temperatura, menor porcentaje de germinación.

Tabla 4. Porcentaje promedio de germinación y desviación estándar para tratamiento control, +2°C y +5°C. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas entre las medias.

Tratamientos de temperaturas	Promedio \pm desv. estandar
control	65.65 \pm 36.10 c
+2°C	48.92 \pm 41.28 a
+5°C	29.86 \pm 38.27 b

Se presentaron diferencias en los tratamientos pregerminativos empleados (Tabla 5), con el ácido giberélico se presenta el mayor porcentaje de germinación.

En el tratamiento con ácido sulfúrico se simuló el paso de las semillas en el tracto digestivo de las aves. En la naturaleza, parte de la dispersión de semilla de chile piquín la realizan algunas aves al consumir el fruto (Pozo *et al.*, 1991), y su paso por el tracto digestivo reblandece la semilla, promueve la germinación y establecimiento de plántulas en sitios bajo sombreado parcial de árboles y arbustos (Rodríguez del Bosque *et al.*, 2005).

Tabla 5. Se observan medias de porcentaje de germinación y desviación estándar, entre los tratamientos de germinación. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas.

Tratamientos pregerminativos	Promedio \pm desv. estandar
Ácido giberélico	85.06 \pm 24.83 a
Ácido Sulfúrico	32.32 \pm 34.44 b
Hidratación y Deshidratación	27.05 \pm 34.96 b

ELEVACIONES

En este ensayo se observaron diferencias en la germinación entre procedencias y elevaciones. Las semillas que presentaron mayor porcentaje de germinación tanto a 350 como a 550m eran originarias de Los Ángeles. No hubo germinación de ninguna procedencia a 1600m (Fig. 4). A pesar de que se han encontrado poblaciones naturales de esta especie a 1,300 m y 2,000 m en la sierra de Coahuila y en la planicie de Querétaro, respectivamente (Kraft *et al.*, 2012).

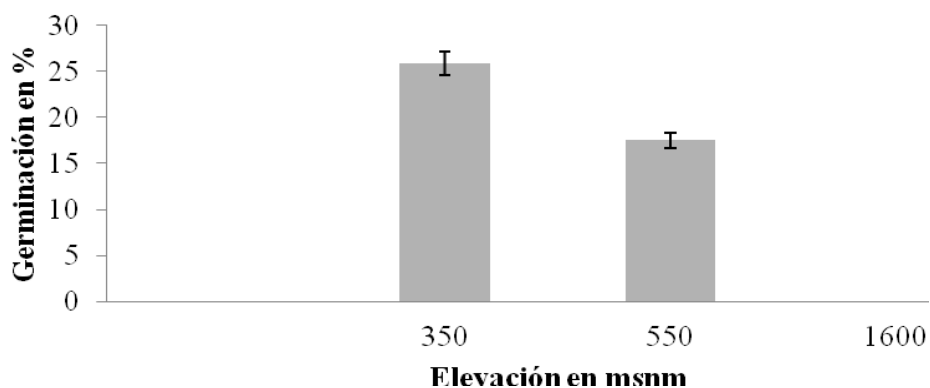


Figura 4. Germinación de chile piquín a diferentes altitudes. Las semillas mostraron mayor porcentaje de germinación a 350m. Se observa que no hubo germinación a 1600m.

Al comparar la germinación entre procedencias, se observa que las semillas originarias de Los Ángeles mostraron el mayor porcentaje de germinación (Fig. 5), mientras que las semillas de Tuxtla Gutiérrez germinaron menos.

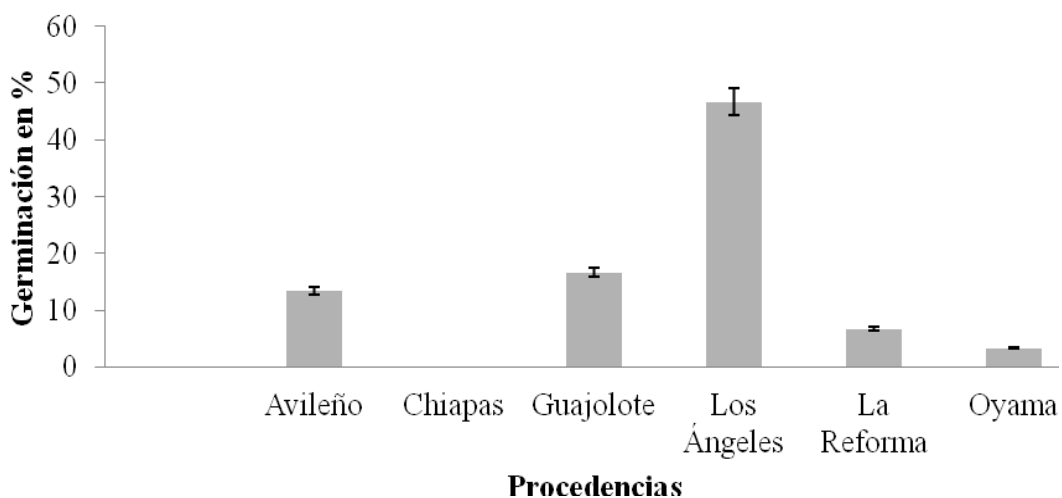


Figura 5. Germinación de semillas de *Capsicum annum* por procedencias. Se observa que las semillas originarias de Los Ángeles presentaron mayor porcentaje de germinación para todos los gradientes de altitud.

No se detectaron diferencias de germinación entre las elevaciones de 350 m y 550 m, pero sí a 1600 m (Fig. 6)

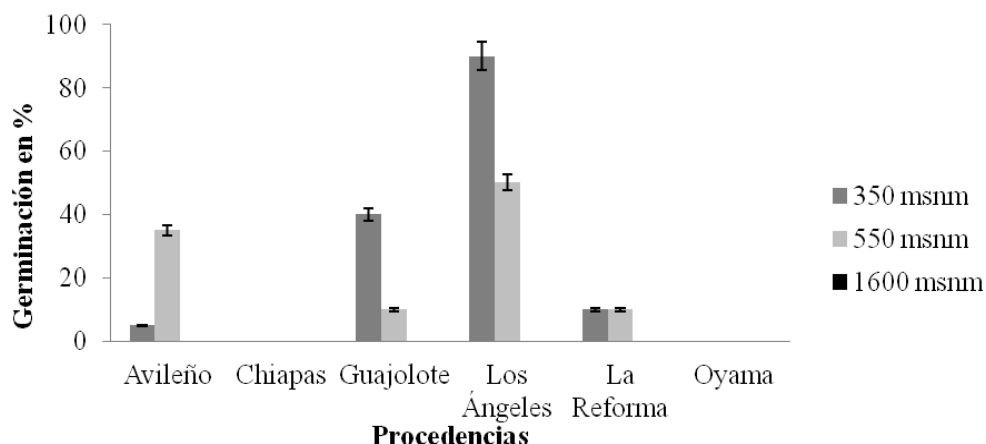


Figura 6. Porcentaje de germinación de semillas de chile piquín, por procedencia por elevación. Las semillas de Los Ángeles respondieron favorablemente tanto a 350 como a 550m.

Según Geneve y Kester (2001), el crecimiento de plántulas es útil para medir vigor de semillas, pero la distribución de peso entre la parte aérea y radical de la plántula, representaría la condición maternal de crecimiento o exhibir el vigor de la semilla en un ambiente nuevo, producto de la procedencia (Alderete *et al.*, 2005), estrés salino (Nakano *et al.*, 2003), sequía (Li, 1998) o disponibilidad de agua (Awe *et al.*, 1976) y deficiencia de fósforo edáfico (Kant y Kafkafi, 2007). En este estudio, la proporción de la longitud tallo/raíz indica que las raíces fueron más largas que los tallos en todos los casos (Tabla 6).

Tabla 6. Se observan diferencias de medias y desviación estándar de la proporción longitud tallo/raíz, colocadas a gradientes de altitud. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas.

PROCEDENCIAS	ELEVACIÓN		
	350 m	550 m	1600 m
Avileño	-	0.08± 0.15a	-
Chiapas	-	0.14± 0.28a	-
Guajolote	0.94± 0.41b	0.06± 0.12a	-
Los Angeles	0.92± 0.24b	0.36± 0.32a	-
La Reforma	0.11± 0.22a	0.38± 0.53a	-
Oyama	0.34± 0.69a	0.08± 0.16a	-

Con respecto a la relación peso de tallo/raíz, las plántulas procedentes de Los Ángeles presentaron los mayores valores tanto a 350m como a 550m (Tabla 7), indicando una mayor producción de biomasa aérea con respecto a la biomasa radicular.

Tabla 7. Se observan diferencias de medias y desviación estándar de la proporción del peso tallo/raíz de las plántulas, expuestas a gradientes de altitud. Letras diferentes significan que existen diferencias significativas.

PROCEDENCIAS	ELEVACIÓN		
	350 m	550 m	1600 m
Avileño	-	0.54±1.08a	-
Chiapas	-	0.25±0.50a	-
Guajolote	1.68±1.70ab	0.75±1.50ab	-
Los Angeles	4.27±3.28b	2.58±0.89b	-
La Reforma	0.25±0.50a	0.75±0.96ab	-
Oyama	1.50±3.00b	0.58±1.16ab	-

TRATAMIENTO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO

Se presentaron diferencias entre procedencias y temperaturas, siendo las semillas procedentes de Mérida las que mostraron mayor porcentaje de germinación, tanto a temperatura media como al aumentar 2°C la temperatura media. Las temperaturas empleadas para este ensayo fueron 27.6 y 36.8°C para el control y 29.6 y 38.8°C para el tratamiento de +2°C (Tabla 8).

Tabla 8. Porcentaje promedio de germinación y desviación estándar del tratamiento con ácido clorhídrico de semillas de diversas procedencias. Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos de temperatura.

Procedencia	Porcentaje promedio de germinación ± desv estándar	
	Temperatura	
	control	+2°C
Avileño	-	-
Chiapas	-	-
Guajolote	-	4±8.50a
Los Angeles	-	-
La Reforma	4±8.50a	9±9.81a
Mérida	13±8.50a	67±19.05b
Monclova	4±8.50a	-
Oyama	-	-
Tabasco	4±8.50a	-

Sin embargo, para las otras procedencias estudiadas, los resultados obtenidos fueron similares con aquellos registrados por Rodríguez del Bosque *et al.* (2004), en el cual escarificaron las semillas de chile piquín con ácido clorhídrico en concentraciones de 5% durante 30 minutos obteniendo 11% de germinación, HCl al 5% durante 15 minutos con 9% de germinación, HCl al 2% durante 30

minutos obteniendo resultados de 7% de germinación y HCl al 2% durante 15 minutos con 6% de germinación.

Cabe señalar que es en la simulación del cambio climático en el cual las semillas de Mérida germinaron en mayor porcentaje.

TRATAMIENTO CON ÁCIDO GIBERÉLICO Y TEMPERATURA MEDIA

Las semillas procedentes de La Reforma (Fig. 7), mostraron el mayor porcentaje de germinación.

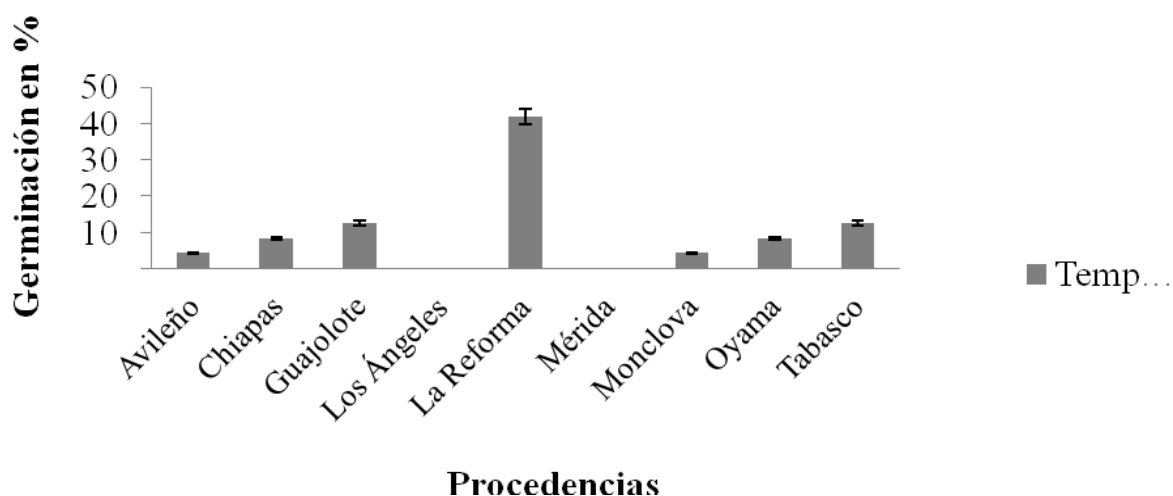


Figura 7. Germinación de chile piquín, semillas tratadas con ácido giberélico. Se observa que las semillas procedentes de La Reforma responden mejor con el tratamiento de ácido giberélico a temperatura control.

TRATAMIENTO CON ESCARIFICACIÓN MECÁNICA A TEMPERATURA MEDIA Y +5°C

En tres de las procedencias (Chiapas, Los Ángeles y Oyama), existieron diferencias entre las temperaturas. De éstas, las semillas originarias de Los Ángeles (Fig. 8) mostraron el mayor porcentaje de germinación a temperatura media. No se registró germinación en ninguna de las procedencias al incrementar en 5°C la temperatura, simulando uno de los posibles efectos del cambio climático.

Es probable que esta baja o nula germinación se haya debido al daño involuntario del embrión de las semillas al momento de la escarificación, ya que semillas de estas mismas procedencias y del mismo lote germinaron en los tratamientos mencionados anteriormente.

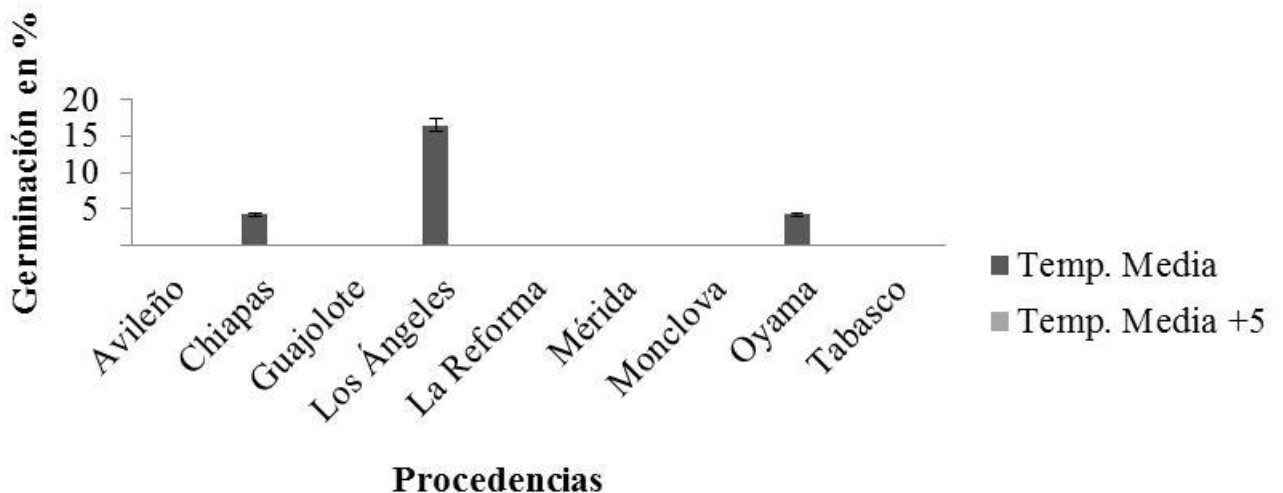


Figura 8. Escarificación mecánica de semillas de chile piquín por procedencia, a temperatura control y control +5°C. Se observa que las semillas originarias de Los Ángeles presentan mayor porcentaje de germinación.

CONCLUSIONES

- 1) Las semillas originarias de Mérida presentaron mayor germinación, independientemente de la temperatura y el tratamiento pregerminativo.
- 2) En relación con los resultados obtenidos se tiene que a mayor temperatura, menor porcentaje de germinación, para esta especie.
- 3) En los tratamientos pregerminativos empleados, con el ácido giberélico se presenta el mayor porcentaje de germinación.
- 4) Las semillas que presentaron mayor porcentaje de germinación tanto a 350 como a 550m eran originarias del ejido Los Ángeles, Nuevo León. Mientras que las semillas de Tuxtla Gutiérrez germinaron menos.
- 5) No hubo germinación de ninguna procedencia a 1600m,
- 6) No se detectaron diferencias de germinación entre las elevaciones de 350 m y 550 m, pero sí a 1600 m.
- 7) En este estudio, la proporción de la longitud tallo/raíz indica que las raíces fueron más largas que los tallos en todos los casos.

- 8) Con respecto a la relación peso de tallo/raíz, las plántulas procedentes de Los Ángeles presentaron los mayores valores tanto a 350m como a 550m, indicando una mayor producción de biomasa aérea con respecto a la biomasa radicular

- 9) Las semillas procedentes de zonas áridas y semiáridas presentaron mayor porcentaje de germinación en climas asociadas a su hábitat natural.

- 10) En el caso de las semillas provenientes de ambientes cálidos, se cumplió la hipótesis en donde se establece que germinarían más en elevaciones bajas.

- 11) Las semillas de Chile piquín presentaron un alto nivel de dormancia que pudo ser removida con el uso de técnicas físicas y químicas.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Rincón, V. H., T. Corona Torres, P. López López, L. Latournerie Moreno, M. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.

Alonso B., R. A., C. Moya, A. Cabrera, P. Ponce, R. Quiroga, M. A. Rosales y J. L. Zuart. 2008. Evaluación *in situ* de la variabilidad genética de los chiles silvestres (*Capsicum* spp.) en la región frailesca del estado de Chiapas, México. Cultivos Tropicales 29: 49-55.

Alonso B., R. A., C. Moya, P. Ponce, M. Álvarez y M. Varela. 2007. Diagnóstico participativo de las condiciones socioculturales asociadas a la conservación de los chiles silvestres (*Capsicum* spp.) en la depresión central de Chiapas, México. Cultivos Tropicales 20: 69-73.

Arguello, B., R. Flores, J. García, M. Manzano, R. Marroquín, R. Medel y E. Jurado. 2000. *Las zonas áridas (y semiáridas) del noreste de México*. Reporte científico. No. Especial 16. FCF-UANL, México. 24p.

D´Arcy WG, Eshbaugh WH (1974) New World peppers (*Capsicum*, Solanaceae) north of Colombia: a resume. *Baileya* 19: 93–103. de poblaciones silvestres de chile del noroeste de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 323-330.

Delworth, T., and S. Manabe, 1988: The influence of potential evaporation on the variabilities of simulated soil wetness and climate. *J. Climate*, **1**, 523–547.

Donoso, C. 1997. *Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente*. 5ta. Edición. Edit. Universitaria. Santiago de Chile.

Evans, A. S., and R. J. Cabin. 1995. Can dormancy affect the evolution of post-germination traits? The case of *Lesquerella fendern*. *Ecology* 76: 344-356.

Evans, A. S., and R. J. Cabin. 1995. Can dormancy affect the evolution of post-germination traits? The case of *Lesquerella fendern*. *Ecology* 76: 344-356.

González, M.F. 1966. *La vegetación del Nordeste de México*. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias, UNAM, México, D.F.

Hartman, H. y D. Kesler. 1988. *Propagación de Plantas. Principios y Prácticas*. 3ra.Edición. Edit.. Continental S. A. México.

Hernández V., S., A. P. Dávila, y K. Oyama. 1999. Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 65-84.

Hernández-Verdugo, S., R. G. López-España, P. Sánchez-Pena, M. Villarreal-Romero, S. Parra- Terraza, F. Porras, y J. L. Corrales-Madrid. 2008. Variación fenotípica en germinación de semillas entre y dentro poblaciones de *Capsicum annuum* en un gradiente de altitud en México". *Plant Ecol.*, 155: 245-257.

Kraig H. Kraft • José de Jesús Luna-Ruíz • Paul Gepts, A new collection of wild populations of *Capsicum* in Mexico and the southern United States.

Laborde C., J. A. y O. Pozo C. 1984. *Presente y pasado del chile en México*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (SARH-INIA). Publicación Especial No. 85. México. 80 p.

Laborde-Cansino J. A. y Pozo-Campodónico O. 1982. Presente y pasado del Chile en México. Publicación especial No. 85. INIA-SARH, México.

Loaiza-Figueroa F., Ritland K., Laborde-Casino J.A. and Tanksley 1989. Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum*.

Manabe, S., 1969: Climate and the ocean circulation, Part I. The atmospheric circulation and the hydrology of the earth's surface. *Mon. Wea. Rev.*, **97**, 739–774.

Meyer S.E. 1992. Habitat correlated variation in firecracker penstemon (*Penstemon eatonii* Gray: Scrophulariaceae) seed germination response. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 119: 268–279.

Meyer S.E. and Kitchen S.G. 1994. Life history variation in blue flax (*Linum perenne*: Linaceae): seed germination phenology.

Meyer S.E. and Monsen S.B. 1991. Habitat-correlated variation in mountain big sagebrush (*Artemisa tridentata* ssp. *vaseyana*) seed germination patterns. *Ecology*. 72: 739–742.

Meyer S.E., Allen P.S. and Beckstead J. 1997. Seed germination regulation in *Bromus tectorum* (Poaceae) and its ecological significance.

Meyer S.E., Kitchen S.G. and Carlson S.L. 1995. Seed germination timing patterns in intermountain *Penstemon* (Scrophulariaceae).

Meyer S.E., McArthur E.D. and Jorgensen G.L. 1989. Variation in germination response to temperature in rabbitbrush (*Chrysothamnus nauseosus*:

Asteraceae) and its ecological implications. *American Journal of Botany*. 76: 981–991.

Meyer S.E., Monsen S.B. and McArthur E.D. 1990. Germination response of *Artemisa tridentata* (Asteraceae) to light and chilly

Meyer, S. E., P. S. Allen, and J. Beckstead. 1997. Seed germination regulation in *Bromus tectorum* (Poaceae) and its ecological significance. *Oikos* 78: 474-485.

Peñuelas, J.; Filella, I. & Comas, P. 2002. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, 8: 531-544.

Perry, D. 1984. *Manual de Métodos de Ensayo del Vigor*. Instituto Nacional de Semilla y Plantas de vivero. Madrid. España

Pickersgill, B .1971. Relationship between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers (genus *Capsicum*). *Evolution* 25: 683–691.

Pickersgill, B., 1984. "Migration of chili peppers, *Capsicum* spp. in the Americas". In: *Papers of the Peabody Museum of Archeology and Ethnology*. Ed. for Stone D. vol. 76. Harvard University Press, pp. 105-123.

Reichstein, M.; Tenhunen, J.D.; Roupsard, O. & Valentini, R. 2002. Severe drought effects on ecosystem CO₂ and H₂O fluxes at three Mediterranean evergreen sites: revision of current hypotheses?. *Global Change Biology*, 8: 999-1017.

Rodríguez del Bosque, L. A. 2003. Memoria del 1er Simposio Regional de Chile Piquín: Avances de Investigación en Tecnología de Producción y Uso Racional del Recurso Silvestre. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Publicación Especial Núm. 26. México, 45p.

Rodríguez del Bosque, L. A., M. Ramírez Meráz y O. Pozo Campodónico. 2004. Tecnología de producción de chile piquín en el noreste de México. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Tamaulipas, México, 33p.

Rzedowski, J. 1983. *Vegetación de México*. Ed. LIMUSA, México, D.F. 432 p.

Schutz, W., and G. Rave. 2003. Variation in seed dormancy of the wetland sedge, *Carex elongata*, between populations and individuals in two consecutive years. *Seed Sci. Res.* 13: 315-322.

Sergio Hernández-Verdugo, Ricardo G. López-España, Flor Porras, Saúl Parra-Terraza, Manuel Villarreal-Romero, Tomas Osuna-Enciso. *Agrociencia*, volumen 44, número 6, variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre.

Tewksbury JJ, Nabhan GP, Norman D, Suzan H, Tuxill J, et al. (1999) In situ conservation of wild chiles and their biotic associates. *Conservation Biology* 13: 98–107.

Thompson P.A. 1975. Characterization of the germination responses of *Silene dioica* (L.) Claiv., populations from Europe.

Valladares, F.; Vilagrosa, A.; Peñuelas, J.; Ogaya, R.; Camarero, J.J.; Corcuera, L.; Sisó, S. & Gil-Pelegrin, e. 2004. *Estrés hídrico: Ecofisiología y escalas de la*

sequía. En “Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante”. F. Valladares (ed.). Pp. 163-190. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

ANEXOS

1.- Tabla de temperaturas del suelo del mes de Septiembre del 2011.**DIAS/ TEMPERATURA NORMAL**

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	28.8	30.1	28.8	30.1	31.3	32.6	32.6	32.6	32.6	31.3	30.1	31.3	30.1	30.1	30.1
08:00	29.0	30.3	29.0	30.3	31.5	32.7	32.7	32.7	32.8	31.5	30.3	31.5	30.3	30.3	30.3
09:00	29.5	30.6	29.5	30.6	31.8	32.9	32.9	32.9	33.3	32.0	30.8	32.0	30.8	30.8	30.6
10:00	30.4	31.0	30.1	31.0	32.2	33.1	33.1	33.1	33.8	32.6	31.7	32.7	31.5	31.7	30.9
11:00	31.7	31.4	30.7	31.4	32.6	33.3	33.3	33.3	34.3	33.2	33.0	33.8	32.6	33.0	31.2
12:00	33.2	31.7	31.4	31.7	32.9	33.5	33.5	33.5	34.9	33.9	34.3	34.9	33.7	34.3	31.5
13:00	34.4	32.1	32.0	32.1	33.2	33.6	33.6	33.6	35.4	34.5	35.5	36.0	34.8	35.5	31.8
14:00	35.3	32.5	32.6	32.5	33.6	33.7	33.7	33.7	35.6	34.7	36.5	36.8	35.6	36.5	32.0
15:00	35.8	32.8	32.8	32.8	33.8	33.8	33.8	34.8	35.8	33.8	35.8	35.8	34.8	35.8	30.8
16:00	35.6	32.6	32.6	32.6	33.6	33.6	33.6	34.6	35.6	33.6	35.6	35.6	34.6	35.6	30.6
17:00	30.6	27.6	27.6	27.6	28.6	28.6	28.6	29.6	30.6	28.6	30.6	30.6	29.6	30.6	25.6

2.- Tabla de temperaturas del suelo mas 2°C.**DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +2**

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	30.8	32.1	30.8	32.1	33.3	34.6	34.6	34.6	34.6	33.3	32.1	33.3	32.1	32.1	32.1
08:00	31.0	32.3	31.0	32.3	33.5	34.7	34.7	34.7	34.8	33.5	32.3	33.5	32.3	32.3	32.3
09:00	31.5	32.6	31.5	32.6	33.8	34.9	34.9	34.9	35.3	34.0	32.8	34.0	32.8	32.8	32.6
10:00	32.4	33.0	32.1	33.0	34.2	35.1	35.1	35.1	35.8	34.6	33.7	34.7	33.5	33.7	32.9
11:00	33.7	33.4	32.7	33.4	34.6	35.3	35.3	35.3	36.3	35.2	35.0	35.8	34.6	35.0	33.2
12:00	35.2	33.7	33.4	33.7	34.9	35.5	35.5	35.5	36.9	35.9	36.3	36.9	35.7	36.3	33.5
13:00	36.4	34.1	34.0	34.1	35.2	35.6	35.6	35.6	37.4	36.5	37.5	38.0	36.8	37.5	33.8
14:00	37.3	34.5	34.6	34.5	35.6	35.7	35.7	35.7	37.6	36.7	38.5	38.8	37.6	38.5	34.0
15:00	37.8	34.8	34.8	34.8	35.8	35.8	35.8	36.8	37.8	35.8	37.8	37.8	36.8	37.8	32.8
16:00	37.6	34.6	34.6	34.6	35.6	35.6	35.6	36.6	37.6	35.6	37.6	37.6	36.6	37.6	32.6
17:00	32.6	29.6	29.6	29.6	30.6	30.6	30.6	31.6	32.6	30.6	32.6	32.6	31.6	32.6	27.6

3.- Tabla de temperaturas del suelo mas 5°C.

DIAS/ TEMPERATURA NORMAL +5

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07:00	33.8	35.1	33.8	35.1	36.3	37.6	37.6	37.6	37.6	36.3	35.1	36.3	35.1	35.1	35.1
08:00	34.0	35.3	34.0	35.3	36.5	37.7	37.7	37.7	37.8	36.5	35.3	36.5	35.3	35.3	35.3
09:00	34.5	35.6	34.5	35.6	36.8	37.9	37.9	37.9	38.3	37.0	35.8	37.0	35.8	35.8	35.6
10:00	35.4	36.0	35.1	36.0	37.2	38.1	38.1	38.1	38.8	37.6	36.7	37.7	36.5	36.7	35.9
11:00	36.7	36.4	35.7	36.4	37.6	38.3	38.3	38.3	39.3	38.2	38.0	38.8	37.6	38.0	36.2
12:00	38.2	36.7	36.4	36.7	37.9	38.5	38.5	38.5	39.9	38.9	39.3	39.9	38.7	39.3	36.5
13:00	39.4	37.1	37.0	37.1	38.2	38.6	38.6	38.6	40.4	39.5	40.5	41.0	39.8	40.5	36.8
14:00	40.3	37.5	37.6	37.5	38.6	38.7	38.7	38.7	40.6	39.7	41.5	41.8	40.6	41.5	37.0
15:00	40.8	37.8	37.8	37.8	38.8	38.8	38.8	39.8	40.8	38.8	40.8	40.8	39.8	40.8	35.8
16:00	40.6	37.6	37.6	37.6	38.6	38.6	38.6	39.6	40.6	38.6	40.6	40.6	39.6	40.6	35.6
17:00	35.6	32.6	32.6	32.6	33.6	33.6	33.6	34.6	35.6	33.6	35.6	35.6	34.6	35.6	30.6