



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EFFECTO DEL PREACONDICIONAMIENTO
(PRIMING) HÍDRICO EN EL CRECIMIENTO DE LAS
PLÁNTULAS DE *Ipomoea wolcottiana* Y *Caesalpinia
platyloba***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

JORGE ROBERTO BLANCO MARTÍNEZ



**DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. MARÍA ESTHER SÁNCHEZ
CORONADO
2012**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno
Apellido paterno
Apellido materno
Nombre(s)
Teléfono
Universidad Nacional
Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Carrera
Número de cuenta

2. Datos del tutor
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

3. Datos del sinodal 1
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

4. Datos del sinodal 2
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

5. Datos del sinodal 3
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

6. Datos del sinodal 4
Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

7. Datos del trabajo escrito.
Título

Número de páginas
Año

1. Datos del alumno
Blanco
Martínez
Jorge Roberto
51 20 03 60
Universidad Nacional
Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
099038696

2. Datos de tutor.
M. en C.
María Esther
Sánchez
Coronado

3. Datos del sinodal 1
Dra.
Ana Elena
Mendoza
Ochoa

4. Datos del sinodal 2
M. en C.
Irene
Pisanty
Baruch

5. Datos del sinodal 3
Dra.
Sonia
Vázquez
Santana

6. Datos del sinodal 4
Dra.
María Ivonne
Reyes
Ortega

7. Datos del trabajo escrito.
Efecto del
preacondicionamiento
(priming) hídrico en el
crecimiento de las plántulas
de *Ipomoea wolcottiana* y
Caesalpinia platyloba
47 p.
2012

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	5
OBJETIVOS	9
-Objetivos generales	9
-Objetivos particulares	9
HIPÓTESIS	10
MATERIAL Y MÉTODO	11
-Descripción de especies	12
- <i>Caesalpinia platyloba</i>	12
- <i>Ipomoea wolcottiana</i>	13

-Diseño experimental	14
-Obtención de plântulas	14
-Establecimiento	14
-Aplicación de preacondicionamiento hídrico	15
-Análisis de crecimiento	16
-Eficiencia del Uso del Agua	17
-Análisis estadístico	18
RESULTADOS	19
-Condiciones climáticas durante la fase de crecimiento en la casa de sombra	19
-Biomasa total	20
-Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)	22
-Tasa de Asimilación Neta (TAN)	23
-Proporción de Área Foliar (PAF)	24
-Proporción de Peso Foliar (PPF)	25
-Área Foliar Específica (AFE)	27
-Cociente Raíz/Vástago (R/V)	28
-Relación entre TRC con TAN, PAF y AFE	29
-Eficiencia del Uso del Agua	30
DISCUSIÓN	31
BIBLIOGRAFÍA	38

RESUMEN

El t3pico central de esta tesis es el efecto del preacondicionamiento h3drico en pl3ntulas de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana*, dos especies arb3reas de la Selva Seca Tropical de Chamela, Jalisco. Las variaciones de precipitaci3n durante el a3o en esta selva seca hacen que su fisionom3a se modifique con la llegada de la temporada de lluvias, adem3s la frecuencia y la cantidad de precipitaci3n var3a de a3o en a3o. Las especies estudiadas presentan adaptaciones y modificaciones morfol3gicas y fisiol3gicas para enfrentar la variaci3n en la disponibilidad del recurso h3drico. Sin embargo, durante el establecimiento y las etapas tempranas del crecimiento las pl3ntulas son muy vulnerables a esta variaci3n, por lo que en este trabajo se les aplic3 a ambas especies dos niveles de estr3s h3drico moderado (50 y 75 % de riego con respecto a la capacidad de campo usada para las plantas control) con el objetivo de preaclimatarlas en casa de sombra, simulando as3 la etapa de can3cula dentro de la 3poca de lluvias que precede a la temporada seca. Despu3s se les reg3 a capacidad de campo para representar la 3poca de lluvias y sigui3 la aplicaci3n de estr3s severo para determinar si hubo efecto del preacondicionamiento.

Las pl3ntulas de *C. platyloba* con preacondicionamiento al 50 y 75% presentaron una mayor asignaci3n de biomasa a ra3ces, y las de *I. wolcottiana* lo hicieron con preacondicionamiento al 50%, para 3stas 3ltimas el tratamiento de estr3s al 75% result3 en un sobrecondicionamiento. Para ambas especies el 3rea foliar espec3fica no present3 cambios determinados por la disponibilidad de agua, mientras que se encontr3 una relaci3n positiva entre la Tasa Relativa de Crecimiento y la Tasa de Asimilaci3n Neta, lo que indica que ambas especies enfrentan los per3odos de sequ3a mediante ajustes fisiol3gicos m3s que morfol3gicos. Se observ3 una mayor eficiencia en el uso del agua en las pl3ntulas de *C. platyloba* e *I. wolcottiana* preacondicionadas al 75%. Los resultados obtenidos sugieren que los niveles 3ptimos de preacondicionamiento para las pl3ntulas de *C. platyloba* son al 75% y para *I. wolcottiana* al 50%.

INTRODUCCIÓN

Las selvas secas y subcaducifolias cubren una superficie de 3,178,000 km², lo que representa el 2.4% de la superficie terrestre (World Conservation Monitoring Center, 2000). Se caracterizan por presentar una marcada estacionalidad (Rzedowski, 1978; Murphy y Lugo, 1986; Huante *et al.*, 1992; Quigley, 1994; Trejo y Dirzo, 2000) lo que produce cambios periódicos en la fisionomía de la vegetación. Estas selvas son definidas como aquéllas que pierden entre el 50 y el 100% del follaje en la época de estiaje, presentan una cobertura del dosel mayor al 30%, tienen predominancia de especies de hoja ancha, las cuales ocupan más del 75% del dosel y se desarrollan por debajo de los 1200 m snm (Bezaury, 2010). Se ubican en sitios donde la temperatura media anual es mayor a 17 °C y tienen cocientes de potencial de evapotranspiración/precipitación a favor de la evapotranspiración (Murphy y Lugo, 1986). La selva seca tropical de Jalisco, que incluye a la de la región de Chamela, sobresale a nivel regional y contiene una prioridad de conservación regional máxima, ya que se considera un bioma con estado de conservación actual de E (en peligro), crítico y en peligro según la WWF, y amenazado o vulnerable a nivel global según Bezaury (2010).

En la selva seca de Chamela existen variaciones importantes de la precipitación, tanto en frecuencia como en intensidad (Bullock, 1986; García-Oliva *et al.*, 1991), de manera estacional e interanual (García-Oliva, 1995). Esta variación puede incluir periodos cortos de sequía durante la época de lluvias, los cuales afectan negativamente la germinación, al establecimiento y al crecimiento de las plantas (Dalling y Hubell, 2002), así como la disponibilidad de otros recursos (Huante *et al.*, 2002). Por otro lado, el desempeño o funcionamiento de las plantas en un ambiente particular está determinado por los atributos morfológicos y fisiológicos que puedan expresarse en dicho ambiente (Huante *et al.*, 1992, 1993, 1995; Huante y Rincón, 1998; Rincón y Huante, 1994), de manera que la heterogeneidad en la disponibilidad de los recursos esenciales para el crecimiento permite mantener en este ecosistema una gran diversidad, por lo que se puede esperar que las especies vegetales difieran en su capacidad para responder a la variación que enfrentan en la disponibilidad de agua, y en consecuencia, que su desarrollo esté determinado en gran medida por su capacidad para responder a dichas variaciones. En general, la respuesta de las especies vegetales a las variaciones del ambiente se expresa a través de su tasa de

crecimiento, asimilación de nutrientes y eficiencia del uso del agua, y adicionalmente se ha propuesto que las diferencias en la morfología de los sistemas radiculares representan mecanismos diferenciales en la exploración y explotación del ambiente del suelo en los ecosistemas estacionales (Huante *et al.*, 1992).

Las condiciones ambientales en las que se generan y se cultivan las plantas antes de trasplantarlas al campo, tales como los regímenes de riego y de temperatura, son cruciales para su establecimiento y crecimiento en condiciones naturales (Franco *et al.* 2001). Variaciones en estas condiciones ambientales pueden aprovecharse como tratamientos de preacondicionamiento en plántulas, cuyo resultado es la reducción del estrés resultante del trasplante al campo y favorecer un mejor desempeño después del trasplante, lo que ha sido probado en ambientes semiáridos (Vilagrosa *et al.* 2003). En las plántulas de las especies de la Selva Seca Tropical (SST) se pueden implementar técnicas de endurecimiento o preacondicionamiento hídrico mediante la aplicación de distintos niveles de déficit de riego, tanto en invernadero como en casa de sombra, con el fin de ampliar la eficiencia en su establecimiento y de incrementar su resistencia a los períodos cortos de sequía que se presentan durante la época de crecimiento (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2000). Los efectos del preacondicionamiento hídrico en las plántulas se pueden expresar con cambios en algunos de sus componentes funcionales, anatómicos y morfológicos, los cuales se pueden evaluar a través de la producción y asignación de biomasa.

En este trabajo se realizó un estudio experimental del crecimiento de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana*, dos especies de la SST de Chamela (Jal.), cuyas plántulas fueron sometidas a un tratamiento de preacondicionamiento hídrico previo a la simulación de un periodo de canícula. Estas especies crecen en ambientes contrastantes en la SST de Chamela, y podrían ser utilizadas para la restauración de esta selva. Con este trabajo se espera contribuir a la explicación del papel ecológico de la disponibilidad de agua en dos especies de plantas de la SST, evaluar la plasticidad de las plántulas de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana* a través de su respuesta funcional y morfológica al estrés hídrico y determinar los efectos del preacondicionamiento hídrico en las plántulas de estas especies, considerando que las etapas del trasplante y el establecimiento son críticas para los proyectos de restauración (Franco *et al.* 2001). *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana* son especies arbóreas de la selva baja caducifolia, la primera es de crecimiento lento y se encuentra en las zonas de selva madura, aunque también se observa en los sitios

perturbados, mientras que *I. wolcottiana* es una especie de rápido crecimiento, que se encuentra principalmente en sitios perturbados (Huante *et al.* 1995). Los conocimientos adquiridos pueden ser utilizados para llevar a cabo planes de reintroducción y manejo de ambas especies en la SST de Chamela Jal., las cuales fueron elegidas para este estudio por ser parte de la flora perteneciente a esta SST, presentar tasas relativas de crecimiento contrastante y establecerse en ambientes con distintos grados de perturbación (Huante *et al.* 1995).

ANTECEDENTES

El 8.8% de las SST del mundo corresponden a la región de América Latina y el Caribe (Bezaury, 2010), y el 9.9% se ubica en la región de México y Guatemala, donde constituyen el 0.24% de la superficie terrestre total del planeta (Mittermeier *et al.*, 1999; WWF 2002). Las SST de México representan el 33.9% de superficie terrestre del país, y tienen niveles de importancia de conservación de moderados a altos (Dinerstein *et al.*, 1995). Estas comunidades se caracterizan por la marcada estacionalidad de la temporada de lluvias, con la presencia de sequías que inician cuando finaliza el verano, con una duración de 2 a 6 meses y que se intensifican en los meses de invierno (Olivares y Medina, 1992; Murphy y Lugo, 1986). La temporalidad, frecuencia y duración de las sequías depende de la posición latitudinal, proximidad con océanos, exposición a monzones o movimientos de masas de aire parecidos, quienes tienen un papel determinante en la definición de dicha estacionalidad (Murphy y Lugo, 1986). Por otro lado, la distribución de los días lluviosos dentro de la temporada lluviosa en la SST es irregular, pues las lluvias se presentan como pulsos intercalados con periodos de sequías cortas o canículas (García-Oliva *et al.*, 2002; Engelbrecht *et al.*, 2006), las cuales generan periodos intermitentes de estrés hídrico de intensidad y duración variable (Páramo-Pérez, 2009) que a su vez pueden hacer que las plántulas se sequen (Khurana y Singh, 2004).

La variación temporal y espacial en la disponibilidad de agua en el suelo determina, junto con otros factores como la disponibilidad de luz, de nutrientes del suelo y condiciones elevadas de CO₂ (Milberg *et al.*, 1998; Reich *et al.*, 1998; Rincón y Huante, 1993; Valladares *et al.*, 2000; Walters y Reich, 2000; Khurana y Singh, 2004), la distribución de las especies, así como los gradientes de diversidad en la SST (Balvanera, 1999; Engelbretch *et al.*, 2006).

La sequía resulta de la combinación de una baja precipitación con altas tasas de evapotranspiración (Murphy y Lugo, 1986), lo que reduce el contenido de agua en el suelo y a su vez, causa estrés hídrico en las plantas. Éste se manifiesta con alteraciones a nivel morfológico, fenológico, anatómico y fisiológico (Prasad, 1997), a través de la inhibición del crecimiento celular, incremento en la síntesis de ácido abscísico, inhibición en la síntesis enzimática, cierre estomático, inhibición de la fotosíntesis, acumulación de solutos, acumulación de azúcares, síntesis de proteínas de estrés, disminución en la tasa de crecimiento, cambios en la asignación de

asimilados, lignificación de estructuras y abscisión foliar (Larcher 2003; Pallardy, 2008). Se han identificado distintas estrategias en las plantas para disminuir el impacto negativo por sequía (Prasad, 1997, Larcher, 2003), tales como: a) Evasión, que se presenta en plantas cuyos tejidos son muy sensibles a la deshidratación por lo que evaden condiciones de déficit hídrico mediante el mantenimiento de un contenido de agua favorable en los tejidos, favoreciendo el incremento de la captura de agua del suelo (incremento de la conducción de agua por los tallos), la disminución de la pérdida de agua (reducción o pérdida de la superficie de transpiración, movimientos foliares, control estomático, senescencia foliar, cambios en la asignación de biomasa), y el almacenamiento de agua, esto último es ejemplificado por las plantas suculentas; b) Escape, que se presenta principalmente en especies anuales, cumpliendo el ciclo de vida en los periodos de disponibilidad de agua, por lo que no experimentan estrés hídrico, sobreviviendo al periodo de sequía como semillas, y c) Tolerancia, que se presenta en especies perennes que toleran la deshidratación severa del protoplasma celular. La escasa información que se tiene sobre las condiciones metabólicas de las plantas que presentan esta estrategia proviene de especies de regiones tropicales y subtropicales e incluye un ajuste osmótico de moderado a alto (Prasad, 1997). Estos mecanismos, inherentes a la plasticidad de las plántulas, tienen la capacidad de mantener su metabolismo y así asegurar la supervivencia de los individuos en condiciones adversas (Páramo-Pérez, 2009).

Con base en estos mecanismos de plasticidad, es posible inducir en las plántulas resistencia al estrés hídrico en condiciones semicontroladas de vivero o invernadero, aplicando tratamientos de precondicionamiento que favorecen el desempeño de las plántulas después de ser trasplantadas a condiciones naturales, reduciendo la mortalidad y favoreciendo su crecimiento (Zine El Abidine *et al.* 1994), lo que ha sido probado principalmente en especies de interés comercial como p. ej. *Pseudotsuga menziesii* (Unterscheutz *et al.*, 1974). La técnica más usada consiste en aplicar regímenes de riego deficiente durante las etapas más tempranas de la vida de las plántulas (Arreola *et al.* 2006). El precondicionamiento hídrico de las plántulas puede tener como resultado modificaciones en la asignación de los recursos que determinen cambios morfológicos a favor de la adquisición del agua del suelo y/o cambios fisiológicos relacionadas con ajustes osmóticos y eficiencia en el uso del agua (Sánchez-Blanco *et al.*, 2004) presentando menos daños por la sequía que las plántulas no precondicionadas (Pallardy, 2008).

Entre los estudios que contribuyen al entendimiento y dilucidación de los mecanismos morfológicos y fisiológicos que subyacen al precondicionamiento hídrico en las plantas se encuentran los realizados en plántulas de especies cultivadas como el albaricoque (*Prunus armeniaca*, Ruíz-Sánchez *et al.* 2000) en el que variando, tanto la cantidad de agua aportada como la frecuencia de riego se produjo un mejor desempeño de las plántulas precondicionadas, como resultado de un mejor ajuste osmótico en condiciones de sequía severa, en comparación con las plantas control. Sin embargo, también se han realizado estudios en especies silvestres, buscando obtener plantas más vigorosas y con mayores probabilidades de éxito en prácticas de restauración. Entre estos estudios se puede mencionar el trabajo realizado por Zwiazek *et al.* (1991) quienes aplicaron distintos niveles de estrés hídrico a plántulas del abeto de la especie *Picea glauca*, variando la frecuencia de riego, previamente a la aplicación de un estrés severo. Como resultado se obtuvo una respuesta similar entre la cantidad de carbohidratos y producción de hemicelulosa entre los tratamientos de precondicionamiento y sequía severa. Con plántulas de *Lotus creticus* se mostró un mayor desarrollo de sus raíces como resultado de la aplicación de baja frecuencia de riego y cantidad de agua como tratamientos de precondicionamiento hídrico (Franco *et al.* 2001), mientras que en estudios realizados con plántulas de *Rosmarinus officinalis*, *Nerium oleander* y *Silene vulgaris* (Sánchez-Blanco *et al.* 2004, Bañon *et al.* 2006, Franco *et al.* 2008), especies utilizadas con fines de reintroducción y paisajismo en el Mediterráneo, se obtuvo menor mortalidad después del transplante, en las plántulas que fueron preaclimatadas con déficit de riego y baja humedad relativa del aire, en comparación con las plántulas control. Por otra parte, en el trabajo realizado por Zine El Abidine *et al.* (1994) la técnica de precondicionamiento utilizada en las plántulas de *Picea mariana*, árbol nativo de los bosques boreales de América del Norte, consistió en la aplicación de ciclos de sequía y riego alternados, cuyo resultado fue un mejor desempeño de los mecanismos de regulación estomática y fotosintéticos en las plántulas precondicionadas.

El conocimiento de la resistencia a la sequía basada en el precondicionamiento de las plántulas, puede ayudar a comprender los mecanismos por los cuales las plantas enfrentan los periodos de estrés hídrico (Ruíz-Sánchez *et al.* 2000), ya sean cortos o prolongados, y de esta manera facilitar la aplicación adecuada de las técnicas de precondicionamiento en plántulas de especies que podrían ser utilizadas en

programas de restauración de zonas deforestadas como la SST de Chamela Jal., donde la actividad ganadera, la expansión agrícola y la extracción de especies vegetales aumentan los riesgos y amenazas sobre éste ecosistema (Ceballos *et al.* 2010, Maass *et al.* 2010).

El crecimiento vegetal es una vía importante de captura de recursos como la luz, agua, nutrimentos y espacio (Valverde y Pisanty, 1999). En las plantas, las variaciones ambientales pueden tener efecto directo en el almacenamiento de carbono y en la distribución de la biomasa entre las raíces y la parte aérea, lo que les permite ser más o menos eficientes en un ambiente dado. La intensidad de este efecto se puede evaluar a través del análisis de crecimiento, el cual es un conjunto de técnicas analíticas útiles para obtener información cuantitativa y comparativa del funcionamiento de las plantas en condiciones naturales o artificiales (Evans, 1972). Para el análisis de crecimiento existen dos grandes puntos de vista: 1) el enfoque modular propuesto por Porter (1983) que propone considerar a la planta como un sistema modular en desarrollo, determinado por la transición de la población de los meristemos, así una planta individual puede ser considerada como una población de meristemos, tallos y hojas, y la arquitectura de la planta es una consecuencia directa de la dinámica de la producción de éstos y de la capacidad de la planta para capturar recursos (Valverde y Pisanty, 1999), 2) Por otro lado, el enfoque propuesto por Hunt (1982) calcula tasas de cambio simples (p. ej. tasa relativa de crecimiento), tasas de cambio compuestas (tasa de asimilación neta) y relaciones entre magnitudes simples de la biomasa asignada a partes de la planta (p. ej. área foliar específica), lo que permite identificar las relaciones causales que controlan el crecimiento vegetal en el intervalo de tiempo que considera el estudio. Para evaluar el efecto de los tratamientos aplicados a las plántulas de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana* se utilizó el enfoque propuesto por Hunt (1982), con el fin de obtener aproximaciones cuantitativas a las modificaciones morfológicas y anatómicas, así como a los mecanismos funcionales responsables de la producción de materia seca y de su asignación.

OBJETIVOS

Objetivos generales

- (i) Evaluar la respuesta plástica de las plántulas de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana* ante variaciones en la disponibilidad de agua
- (ii) Evaluar la posibilidad de precondicionar a las plántulas de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana* para enfrentar períodos de estrés hídrico.

Objetivos particulares

- (i) Determinar las variaciones en el crecimiento de las plántulas de ambas especies ante distintos niveles de riego y de precondicionamiento hídrico.
- (ii) Determinar la asignación de la biomasa en las plántulas de ambas especies a través de distintos regímenes de riego y de tres niveles de precondicionamiento hídrico y relacionarla con su capacidad para ser precondicionadas
- (iii) Determinar la eficiencia del uso del agua de *C. platyloba* e *I. wolcottiana*.

HIPÓTESIS

Si se presentan variaciones en la disponibilidad de agua, la respuesta funcional y morfológica será diferente entre las especies estudiadas.

Si las plántulas son sometidas a distintos niveles de preacondicionamiento hídrico se observarán modificaciones en su producción y asignación de biomasa en comparación con las plántulas con mayor disponibilidad de agua.

Si las plántulas de estas especies son sometidas a déficit hídrico sus tasas de crecimiento se reducirán.

Si hay un efecto favorable del preacondicionamiento por déficit hídrico las plántulas de ambas especies mostrarán una mejor respuesta, en términos de crecimiento, ante un déficit hídrico severo.

MATERIAL Y MÉTODO

Descripción de la zona de colecta

En 1993, mediante un decreto presidencial, se creó la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC). Ésta se localiza en el municipio de la Huerta, al Noroeste del estado de Jalisco, México se ubica en la Costa del Pacífico y se encuentra en la zona intertropical del hemisferio norte a $19^{\circ} 29'$ y $19^{\circ} 34'$ N y $104^{\circ} 58'$ y $105^{\circ} 04'$ O (García-Oliva *et al.*, 2002) y tiene una superficie aproximada de 13,142 ha. La Estación de Biología de Chamela, fundada en 1971, forma parte de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC) y está ubicada en la carretera No. 200 que va de Barra de Navidad a Puerto Vallarta (Figura 1).



Figura 1. Localización de la Estación de Biología de La Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México.

La Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala tiene una altitud que va de los 0 a los 2500 m snm, el clima de la región se ha clasificado como tropical seco con una estación seca (Bshw) según el sistema de Köppen y como un cálido subhúmedo con régimen de lluvias en verano ($Aw0(x'i)''$) en el mismo sistema modificado por García (1988), con una precipitación anual promedio de 748 mm que se concentra durante los meses de verano (julio a noviembre), siendo los meses de máxima precipitación agosto y septiembre (Bullock, 1986). La

temperatura media anual es de 24.9 °C, con pocas diferencias entre las temperaturas máximas (29 – 32 °C), pero con grandes diferencias entre las temperaturas mínimas (15 – 23 °C) (Bullock, 1986). En la zona costera confluyen varios tipos de vegetación como los manglares, la vegetación litoral, la vegetación riparia, la selva mediana y la selva baja.

En la zona de lomeríos (200 – 1000 m snm) domina la selva baja caducifolia (Rzedowski 1986, Vázquez y Givnish, 1998) con suelos compuestos por Regosoles, Faeozems, Cambisoles, Rendzinas y Litosoles (según la SPP 1981) del Terciario y del Cretácico. Esta vegetación se caracteriza por la pérdida de hojas en la mayoría de los árboles, al término de la época de lluvias (Bullock y Solís-Magallanes, 1987), la altura de los árboles oscila entre cinco y diez m, aunque se observan notables variaciones en el dosel.

Descripción de las especies

Caesalpinia platyloba S. Wats. (Fabaceae)

Nombre común en la zona: “Coral”, “Palo Rojo”, “Palo Colorado”, “Frijolillo”, “Quiebra Fierro”

Distribución: Tamaulipas, Costa Occidental de México, Bajío y Península de Yucatán.

Ecología: los árboles o arbustos se encuentran en laderas de sitios de sucesión secundaria, sitios perturbados y selva madura. Abundancia de baja a alta y llega a formar bosques.

Fenología: la floración ocurre en los meses junio a agosto, algunas veces con adelantos desde el mes de abril. La fructificación ocurre desde marzo a noviembre.

Descripción morfológica: 3-10 m de altura, con tronco delgado y recto con diámetros a la altura de pecho desde 6cm en adelante, sus ramas son delgadas. Planta con hojas compuestas subsésiles, lanceoladas, pubescentes en el envés. Es de tallo recto y de tronco delgado, con una corteza escamosa de color pardo verdosa. Las flores son de color amarillo brillante. Los frutos son vainas aplanadas dehiscentes de 2.5 cm de ancho y alrededor de 5-20 cm de largo, de color amarillento a marrón, con 6 – 8 semillas por vaina. Su dispersión es barócora (Lott, 2002). Tienes que poner la cita bibliográfica de donde tomaste esta información

Usos: cerco vivo, ornamental, recurso maderable para mueblería y herramientas de labranza, forrajeo, taninos, pigmentos y leña. Información obtenida del Herbario del Instituto de Biología (MEXU), UNAM (2012).

Ipomoea wolcottiana Rose (Convolvulaceae)

Nombre común en la zona: Cazahuate u Ozote

Distribución: Costa occidental de México desde Sonora hasta Chiapas.

Ecología: los árboles pueden ser fácilmente encontrados a orillas de caminos y de sitios perturbados y son muy escasos en el interior de la selva.

Fenología: la producción de hojas ocurre en la época de lluvias (junio-noviembre) y la floración inicia normalmente con la temporada de secas, cuando los árboles pierden sus hojas (diciembre-enero) y termina hacia el mes de marzo (Bullock y Solís-Magallanes, 1990). La ausencia de hojas durante la época de floración, el alto número de flores que produce cada árbol y el color blanco de las mismas, hacen de esta especie una de las más conspicuas en el paisaje de la reserva durante la temporada de sequía. Los eventos de lluvias invernales pueden modificar su patrón fenológico provocando un periodo de mayor retención y producción de hojas y un retraso en la producción de flores (Bullock *et al.*, 1986; Bullock y Solís-Magallanes, 1990), por lo que es posible encontrar individuos en floración y fructificación hasta los meses de mayo y junio (Parra-Tabla, 2002).

Descripción morfológica: 3 – 13 m, diámetro del tronco ($78.8 \text{ cm} \pm 28.84 \text{ cm}$, $n=70$), que pueden ramificar desde la base en sitios muy soleados (Parra-Tabla, 1995). Los frutos son secos, dehiscentes y presentan de manera constante tres semillas maduras que son dispersadas por el viento.

Usos e importancia: cerco vivo, ornamental, medicinal y leña. Es especie pionera común en amplias zonas de sitios estacionales secos de México, por lo que juega un papel importante en los procesos de regeneración de la vegetación; se ha sugerido que puede estar jugando un papel de “especie clave” en la reserva, ya que es de las pocas plantas que florece durante gran parte de la época seca (Parra-Tabla y Bullock, 1998).

Diseño experimental

Obtención de plántulas

El trabajo experimental se realizó en el laboratorio de Ecofisiología del Crecimiento y en la casa de sombra del Instituto de Ecología de la UNAM al sur del Distrito Federal, México, con una duración de 125 días a partir de la emergencia de la radícula en la semilla a partir del día 21 de julio de 2006.

La obtención de las plántulas se llevó a cabo a partir de las semillas recolectadas en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jal., México, durante los meses de marzo y mayo del 2006. Las semillas se tomaron de los frutos de al menos 10 árboles de cada especie al azar y por disponibilidad de semillas. Para su traslado al laboratorio se guardaron en bolsas de papel estraza.

En el laboratorio, las semillas de ambas especies se escarificaron con ácido sulfúrico (H_2SO_4 , J. T. Baker, México) al 98%, durante 40 min en el caso de *C. platyloba* y durante 20 min en el de *I. wolcottiana* para adelgazar la testa y permitir la germinación. Se lavaron y se hidrataron en agua corriente durante 48 horas, después se introdujeron en un sustrato de arena fina húmeda dentro de charolas rectangulares con capacidad para cinco litros. Se colocaron 150 semillas por charola y se introdujeron a una cámara de ambiente controlado (modelo 844 Lab-line Instruments Inc., Melrose Park, Illinois) equipadas con lámparas fluorescentes de luz blanca (F20T12/CW, Sylvania, 20 W). Durante la germinación, el régimen de temperatura fue fluctuante (25/ 30 °C), con termoperiodo 18/6 h y con un fotoperiodo de 12/12 h.

Establecimiento

Las plántulas obtenidas con el procedimiento recién descrito con diez días de edad, se trasplantaron a bolsas negras de 30 cm de altura por 20 cm de ancho, perforadas en la base para permitir el drenado de agua, que se llenaron con 1.5 L de tierra para maceta de la marca Premier Pro-Mix, Canadá, se puso una plántula por bolsa, y se colocaron dentro de la casa de sombra del Instituto de Ecología de la UNAM. Se establecieron 180 plántulas de *I. wolcottiana* y 180 plántulas de *C. platyloba*. Todas las plántulas se regaron diariamente a capacidad de campo. Esta

etapa duró 50 días que incluyeron los meses de agosto y septiembre del año 2006. Al final de esta etapa se realizó una cosecha de 15 plántulas de cada especie (Fig. 2).

Aplicación de precondicionamiento hídrico

Después del establecimiento, las plántulas de cada una de las especies se separaron de manera aleatoria en tres bloques, a cada uno de ellos se le aplicó uno de tres niveles de precondicionamiento hídrico: 1) 75% de precondicionamiento (plántulas regadas cada tercer día con el 25% del riego a capacidad de campo = 80 ml de agua), 2) 50% de precondicionamiento (plántulas regadas cada tercer día con el 50% del riego a capacidad de campo = 160 ml de agua) y 3) 0% de precondicionamiento (plántulas regadas diario a capacidad de campo = 320 ml de agua), éste último tratamiento fue usado como control. La etapa de precondicionamiento duró 30 días, ubicados dentro de los meses de septiembre y octubre de 2006, al final de los cuales se realizó una segunda cosecha de 15 plántulas por cada nivel de estrés para cada especie.

Después de este tiempo, las plántulas de los tres niveles de precondicionamiento se regaron a capacidad de campo, durante 15 días, simulando la llegada de la época de lluvias. Se realizó una tercera cosecha de 15 plántulas por cada nivel de precondicionamiento hídrico y por cada especie.

Finalmente se aplicó a todas las plántulas un tratamiento de estrés hídrico severo que consistió en no regarlas durante 20 días para representar la sequía larga. Al final de este tiempo totalmente sin riego se efectuó una última cosecha de 15 individuos para cada tratamiento de precondicionamiento. El diseño experimental siguió la siguiente estructura: 2 especies x 3 niveles de precondicionamiento hídrico x 4 cosechas x 15 repeticiones (Fig. 2).

Con los datos obtenidos de cada cosecha se calcularon las variables del análisis de crecimiento clásico (Hunt, 1982).

Análisis de crecimiento

Las cosechas se realizaron a los 60, 90, 105 y 125 días de edad de las plántulas. En cada cosecha a cada plántula se le separó en raíz, tallo y hojas. El área foliar se midió inmediatamente después de realizada la cosecha con un medidor de área foliar (Delta-T Devices Ltd.) con el programa Windiaz, (Digital Image Analysis, System Version 1.12 © 1993 Burwell, Cambridge England). Todas las fracciones de las plántulas fueron colocadas y etiquetadas en bolsas de papel glassine en una estufa (Boekel Industries Inc. Modelo 107801) a 60 °C durante 48 h. El peso seco de cada ejemplar se tomó con una balanza analítica (Sartorius, BP310 P, Alemania).

Las variables calculadas para el análisis de crecimiento se describen a continuación:

Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) = $(\ln p_f - \ln p_i) / (t_f - t_i)$	$(g\ g^{-1}\ día^{-1})$
Tasa de Asimilación Neta (TAN) = $(p_f - p_i / t_f - t_i) \cdot (\ln AF_f - \ln AF_i) / (AF_f - AF_i)$	$(g\ cm^{-2}\ día^{-1})$
Proporción de Área Foliar (PAF) = AF_f / p_f	$(cm^2\ g^{-1})$
Proporción de Peso Foliar (PPF) = pF_f / p_f	
Área Foliar Específica (AFE) = AF_f / pF_f	$(cm^2\ g^{-1})$
Proporción Raíz/Vástago (R / V) = $pR_f / pT_f + pF_f$	

Donde:

\ln = Logaritmo natural

p_i = Peso seco total inicial

p_f = Peso seco total final

t_i = Tiempo inicial

t_f = Tiempo final

AF_i = Área Foliar inicial

AF_f = Área Foliar final

pF_i = Peso Foliar inicial

pF_f = Peso Foliar final

pR_f = Peso final de la Raíz

pT_f = Peso final del Parte Aérea

Eficiencia del uso del agua

Se calculó la Eficiencia en el Uso del Agua (EUA), para cada tratamiento en cada uno de los niveles de precondicionamiento hídrico, dividiendo el promedio de la biomasa total acumulada de cada nivel de precondicionamiento (0, 50 y 75%) entre la cantidad de agua que se agregó para cada nivel de precondicionamiento (320 ml, 160 ml y 80 ml respectivamente) (Fernández *et al.* 2006) en los regímenes de riego en los cuales hubo aportación de agua.

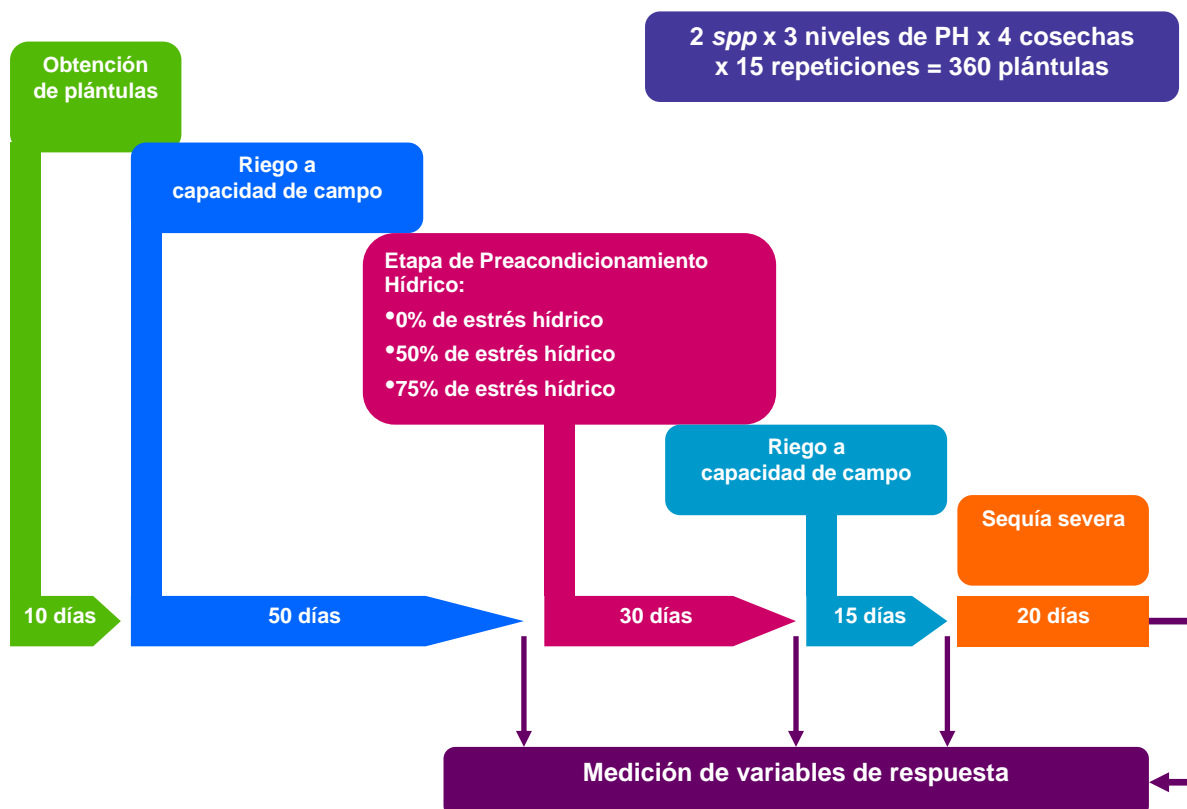


Figura 2. Diagrama de flujo del diseño experimental aplicado a las plántulas de *Caesalpinia platyloba* e *Ipomoea wolcottiana*. PH = Precondicionamiento hídrico.

Análisis estadístico

El efecto de los tratamientos de preacondicionamiento (3 niveles: 0, 50 y 75%) sobre cada una de las variables de crecimiento de las plántulas de cada una de las especies a lo largo del experimento, o sobre la eficiencia del uso del agua en cada especie se evaluó mediante Análisis de Varianza. Como pruebas Post-hoc se realizaron análisis LSD para identificar entre que medias se presentaron diferencias significativas. Los análisis se realizaron usando el programa Statgraphics 5.0 (Statistical Graphics Corporation. Graphic Software System, Inc., Rockville, MD, USA). Cuando no se cumplieron los supuestos de los análisis paramétricos se realizaron análisis de Kruskal-Wallis y la comparación se realizó mediante diagramas de caja y bigotes (Zar, 1974). Se exploró la relación entre la TRC con TAN, PAF y AFE mediante Análisis de Regresión realizados con el programa Table Curve versión 2.1 (INC., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

Condiciones climáticas durante la fase de crecimiento en la casa de sombra

La Figura 3 muestra las condiciones de temperatura y precipitación que se presentaron en Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México durante el año 2006, en el periodo en el que se llevó a cabo el trabajo experimental en plántulas de *C. platyloba* e *I. wolcottiana* abarcando los meses de agosto a diciembre.

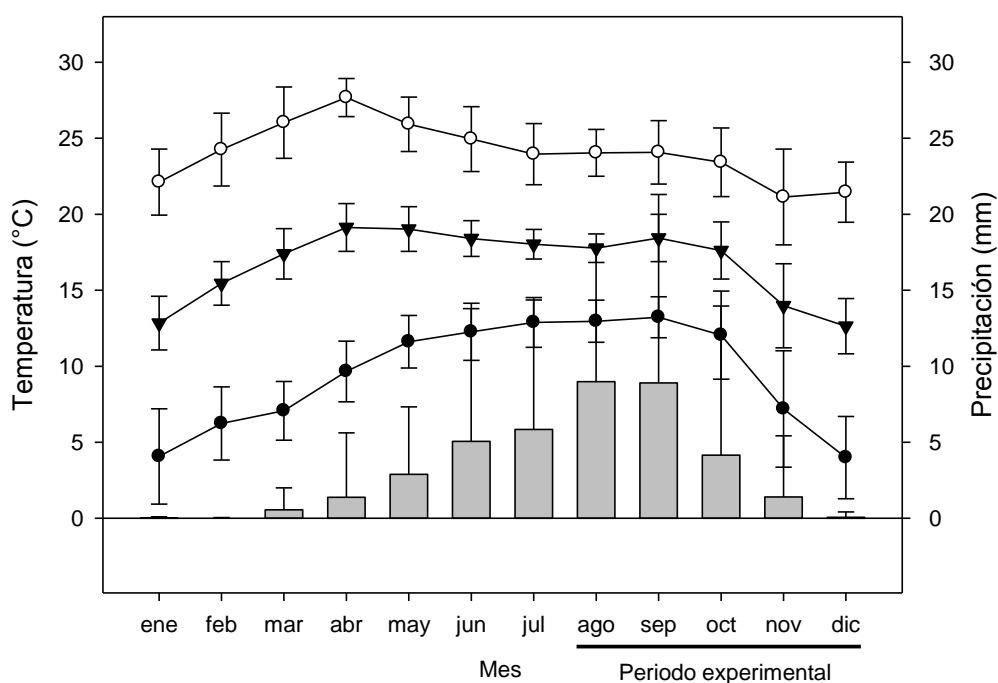


Figura 3. Datos de temperatura máxima (○), temperatura media (▼), temperatura mínima (●) y precipitación (barras) en Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México durante el año 2006. Se muestran datos promedio \pm desviación estándar.

Biomasa total

Caesalpinia platyloba

A lo largo de los experimentos, esta especie presentó valores de biomasa total menores que los de *I. wolcottiana*. Estos valores se mantuvieron sin cambios significativos durante el tratamiento de precondicionamiento hídrico y durante el subsiguiente riego a capacidad de campo. Durante el tratamiento de estrés severo se presentó un incremento significativo de biomasa total ($F_{(9,140)}=6.57$, $P=0.00001$, Fig 4a), independientemente de los niveles de precondicionamiento, de aproximadamente 25% con respecto a los valores de biomasa total obtenidos en los experimentos previos. Este incremento se presentó en la biomasa de las raíces en mayor proporción (entre 40 y 50%) y el resto se asignó a tallo y a hojas (Fig. 5a).

Ipomoea wolcottiana

Después del precondicionamiento hídrico la biomasa total se incrementó significativamente, ($F_{(9,140)}=12.77$, $P=0.00001$, Fig. 4b), desde al menos 60% durante el tratamiento de precondicionamiento, hasta 75% durante el tratamiento de estrés severo (Fig. 4b). Los incrementos menores de biomasa total se presentaron durante el periodo de precondicionamiento en las plántulas con 50% y 0%. En las plántulas de 50% se presentó un incremento significativo de biomasa durante el subsiguiente riego a capacidad de campo, el cual se mantuvo alto, junto con los valores de las plántulas de los otros niveles de precondicionamiento, durante el tratamiento de estrés severo. Este incremento de biomasa correspondió a raíz y al tallo en un porcentaje mayor que el asignado a hojas (Fig. 5b)

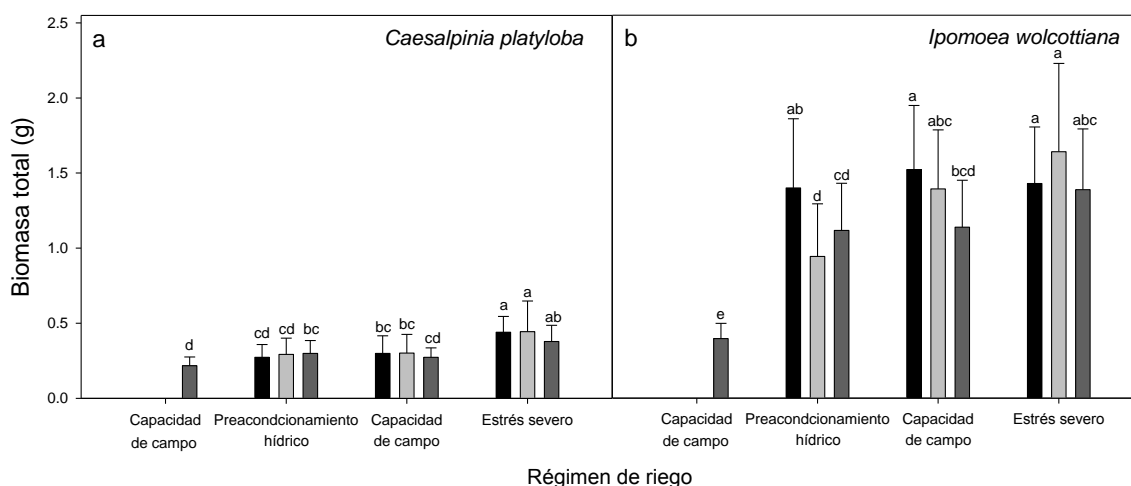


Figura 4. Biomasa total de las plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de preacondicionamiento hídrico: 75% 50% 0%

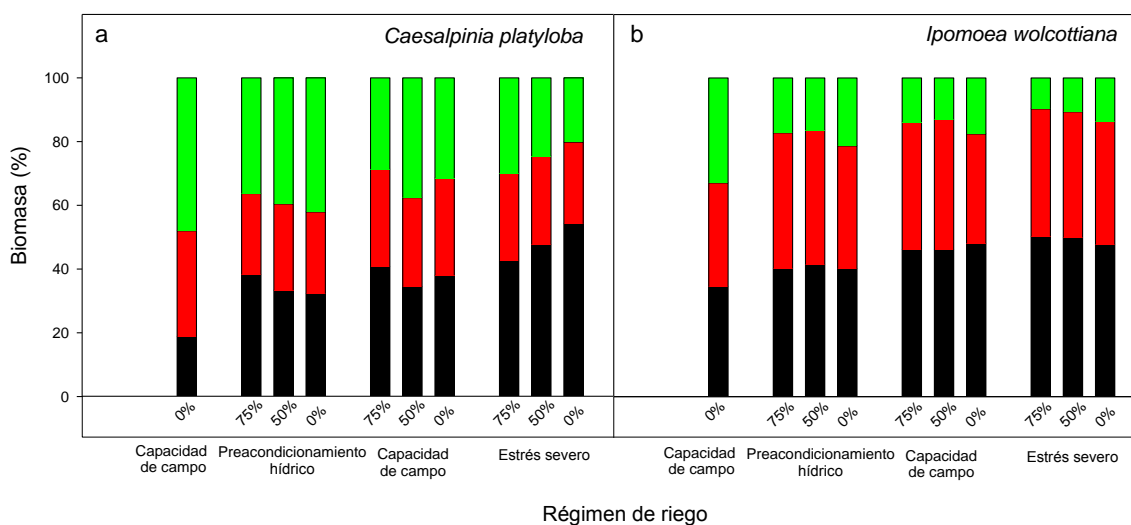


Figura 5. Porcentajes de biomasa asignados a las distintas partes de las plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Raiz Tallo Hoja

Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)

C. platyloba

Durante el tratamiento de preacondicionamiento hídrico esta especie mostró valores menores que *I. wolcottiana* (Fig. 3a). Las plántulas de *C. platyloba* no mostraron diferencias significativas entre niveles de preacondicionamiento. Al ser regadas a capacidad de campo las plántulas con nivel de preacondicionamiento del 75% mantuvieron su TRC, las del 50% lo disminuyeron significativamente, mientras que las de 0% presentaron TRC negativas. Al ser tratadas con el subsiguiente estrés severo, las plántulas de esta especie incrementaron significativamente su velocidad de crecimiento en relación con los valores obtenidos durante los tratamientos de preacondicionamiento y durante el riego a capacidad de campo. (H=73.107, P=0.00001, Fig. 6a).

I. wolcottiana

Esta especie presentó los mayores valores de TRC después de experimentar los tratamientos de preacondicionamiento, en particular el de 75% que fue significativamente mayor, (Fig. 3b). Al volver a regar a capacidad de campo la velocidad de crecimiento disminuyó significativamente en las plántulas con 75% y 0% de preacondicionamiento hídrico, pero se mantuvo significativamente alta en las plántulas con preacondicionamiento de 50%. Al experimentar estrés severo, las plántulas con 0 y 50 % de preacondicionamiento mantuvieron TRC bajas pero positivas, mientras que las de 75% de preacondicionamiento mostraron valores negativos (H=108.70, P=0.00001, Fig. 6b).

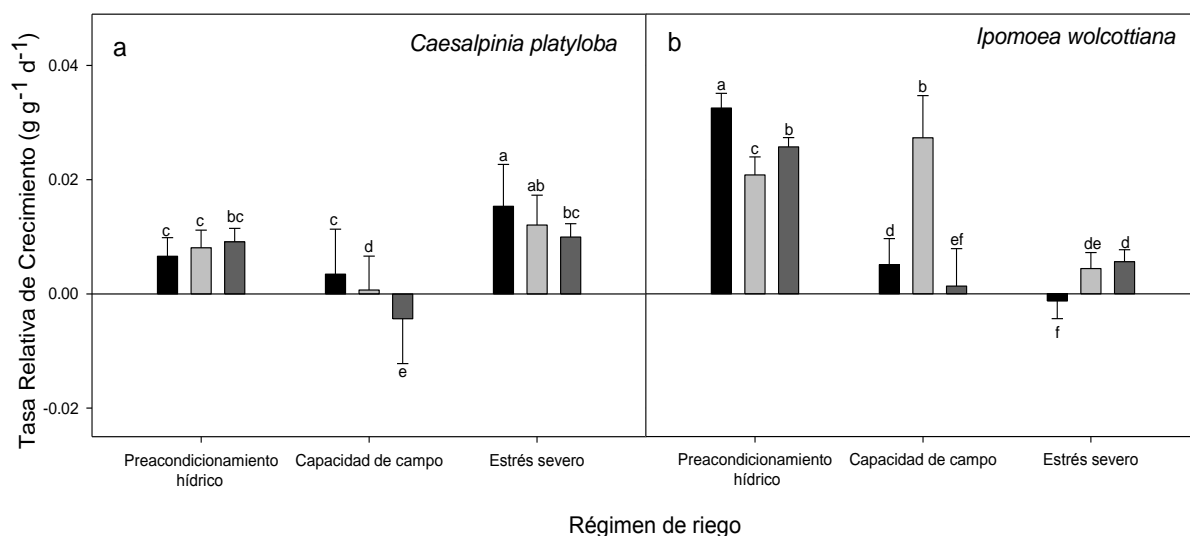


Figura 6. Tasas Relativas de Crecimiento de plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de preacondicionamiento hídrico: ■ 75% □ 50% ▒ 0%

Tasa de Asimilación Neta (TAN)

C. platyloba

De manera similar al comportamiento de su tasa de crecimiento, esta especie presentó valores de TAN menores que *I. wolcottiana* durante el tratamiento de preacondicionamiento sin que hubiera diferencias entre niveles de preacondicionamiento y el subsiguiente riego a capacidad de campo. En éste aspecto resalta el valor negativo de las plántulas con preacondicionamiento de 0%. Durante el tratamiento de estrés severo las TAN's aumentaron en las plántulas con preacondicionamiento de 75 y 50% y se mantuvieron negativas en las plántulas con preacondicionamiento de 0% ($H=69.20$, $P=0.00001$, Fig. 7a).

I. wolcottiana

La TAN mostró un patrón de comportamiento similar a la TRC, en el que resalta el incremento en la TAN de las plántulas con preacondicionamiento al 50% durante el riego a capacidad de campo, y el valor negativo en las plántulas con preacondicionamiento del 75% durante la etapa de estrés severo ($H=83.32$, $P=0.00001$, Fig. 7b).

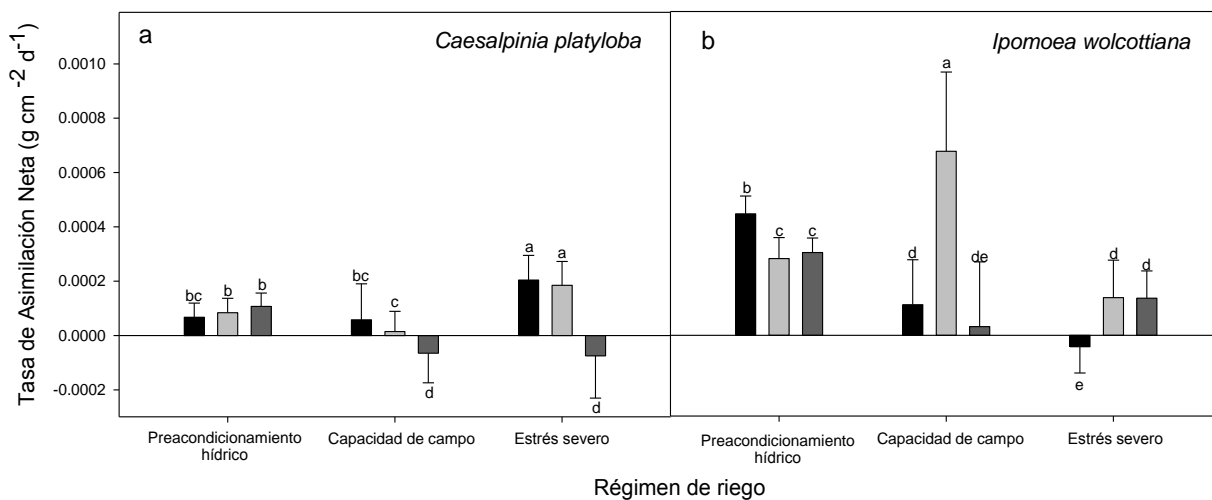


Figura 7. Tasas de Asimilación Neta de plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de preacondicionamiento hídrico: ■ 75% □ 50% ▣ 0%

Proporción de Área Foliar (PAF)

C. platyloba

La asignación de biomasa en términos de área foliar disminuyó significativamente con respecto a la inicial al aplicar los tratamientos de preacondicionamiento hídrico y subsiguiente riego a capacidad de campo, pero sin diferencias significativas entre ellos (Fig. 8a). El valor significativamente más bajo lo presentaron las plántulas con preacondicionamiento de 0% durante el tratamiento de estrés severo ($F_{(9,140)}=13.44$, $P=0.00001$).

I. wolcottiana

La PAF presentó una disminución significativa con la aplicación de cada tratamiento, durante el experimento, a partir de la aplicación de los niveles de precondicionamiento. Los valores más bajos se observaron en el tratamiento de precondicionamiento al 50% durante el riego a capacidad de campo y en el de precondicionamiento al 75 y 50% después del estrés severo (sin diferencia entre éstos, Fig. 8b) ($H=105.96$, $P=0.00001$).

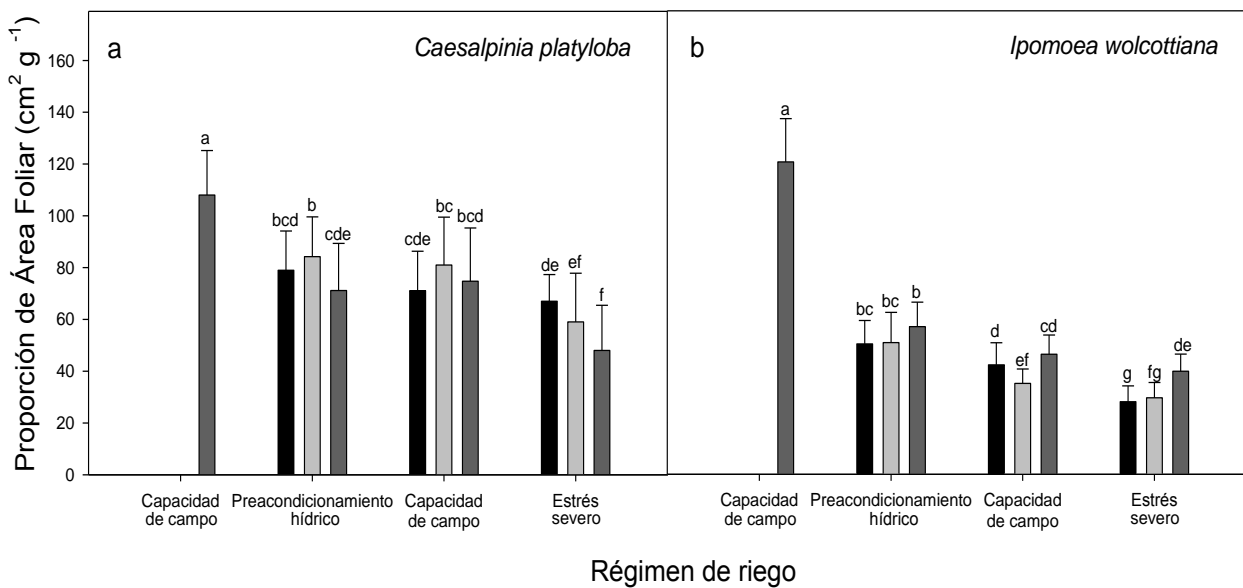


Figura 8. Proporción de Área Foliar de plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de precondicionamiento hídrico: ■ 75% □ 50% ▒ 0%

Proporción de Peso Foliar (PPF)

C. platyloba

Las plántulas de *C. platyloba* mantuvieron su PPF durante el tratamiento de precondicionamiento, independientemente del nivel de éste. La asignación de biomasa a hojas disminuyó significativamente al aplicar riego a capacidad de campo y durante el periodo de estrés severo ($H = 90.35$, $P = 0.00001$, Figura 9a).

I. wolcottiana

La PPF presentó un comportamiento similar al de la PAF en esta especie indicando también una disminución en la asignación de biomasa a las hojas de las plántulas, que se observó en el tiempo conforme se aplicaron los distintos regímenes de riego. Sin embargo, las plántulas del tratamiento de precondicionamiento 0% presentaron valores significativamente mayores que las de los otros niveles de precondicionamiento, mientras que las plántulas con el PPF menor fueron las del precondicionamiento a 75% ($F_{(9,140)}=65.95$, $P=0.00001$, Fig. 9b).

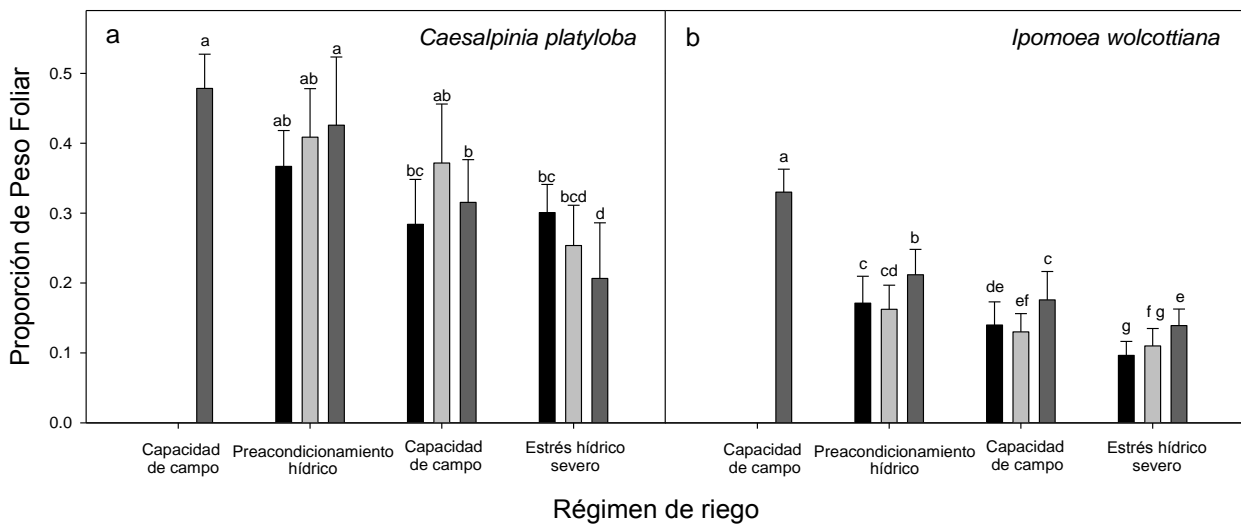


Figura 9. Proporción de Peso Foliar de plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de precondicionamiento hídrico: ■ 75% □ 50% ▒ 0%

Área Foliar Específica (AFE)

C. platyloba

El AFE inicial mostró valores menores que los de *I. wolcottiana* y no mostró cambios con el preacondicionamiento ni con los distintos regímenes de riego a los que se les sometió a las plántulas. La única diferencia significativa fue la reducción presentada por las plántulas con preacondicionamiento 0% durante los tratamientos de preacondicionamiento ($F_{(9,140)} = 6.16$, $P = 0.00001$, Fig. 10a).

I. wolcottiana

El AFE mostró un decremento ligero, pero significativo con respecto al valor presentado antes del preacondicionamiento ($H = 63.95$, $P = 0.00001$). Después del preacondicionamiento las plántulas con 50% disminuyeron significativamente su AFE con el riego a capacidad de campo y también durante el subsiguiente estrés severo. Las plántulas con 75 y 0% no presentaron cambios (Fig. 10b).

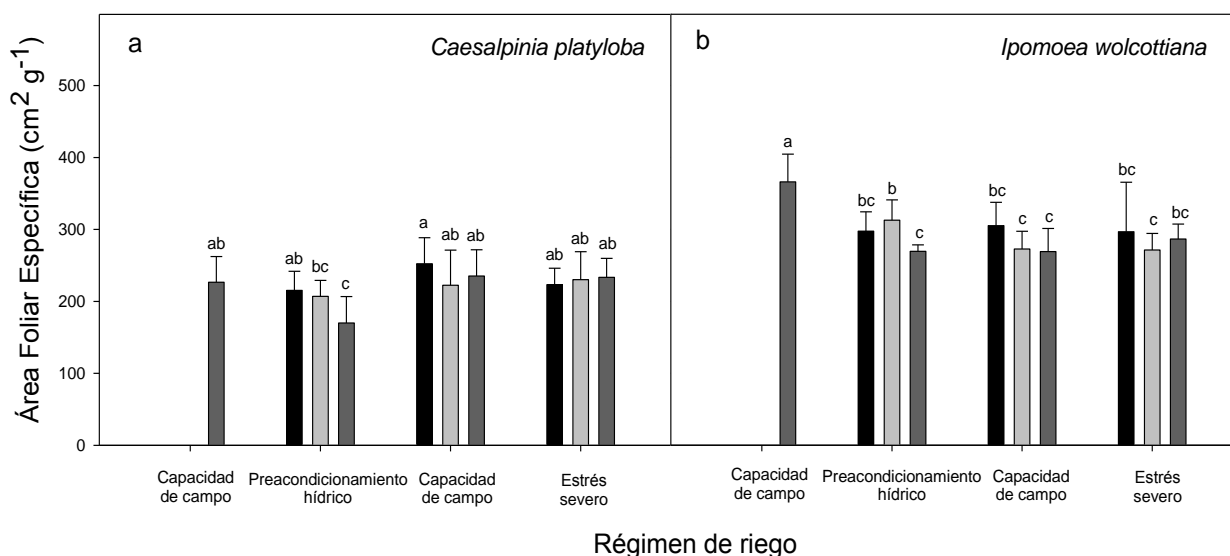


Figura 10. Área Foliar Específica de plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se

presentan los valores promedio \pm una desviación estándar (n = 15). Niveles de precondicionamiento hídrico: 75% 50% 0%

Cociente Raíz/Vástago (R/V)

C. platyloba

Las plántulas recién establecidas mostraron valores menores (< 0.5) que las de *I. wolcottiana*. Durante los tratamientos de precondicionamiento y riego a capacidad de campo se observó una tendencia, no significativa, al incremento de esta variable. Sin embargo, se obtuvo un incremento significativo en los valores de R/V para las plántulas que tuvieron precondicionamiento al 50% y 0% al experimentar estrés severo ($H=86.33$, $P=0.00001$). En estas últimas los valores fueron mayores que 1 (Fig. 11a).

I. wolcottiana

El cociente R/V mostró un valor cercano a 0.5 en las plántulas recién establecidas y después presentó incrementos significativos en los tratamientos subsiguientes, los cuales fueron significativamente mayores después del riego a capacidad de campo (cerca de 1) y después de la aplicación de estrés severo ($H=77.85$, $P=0.00001$, Fig. 11b), sin diferencia entre los distintos porcentajes de precondicionamiento.

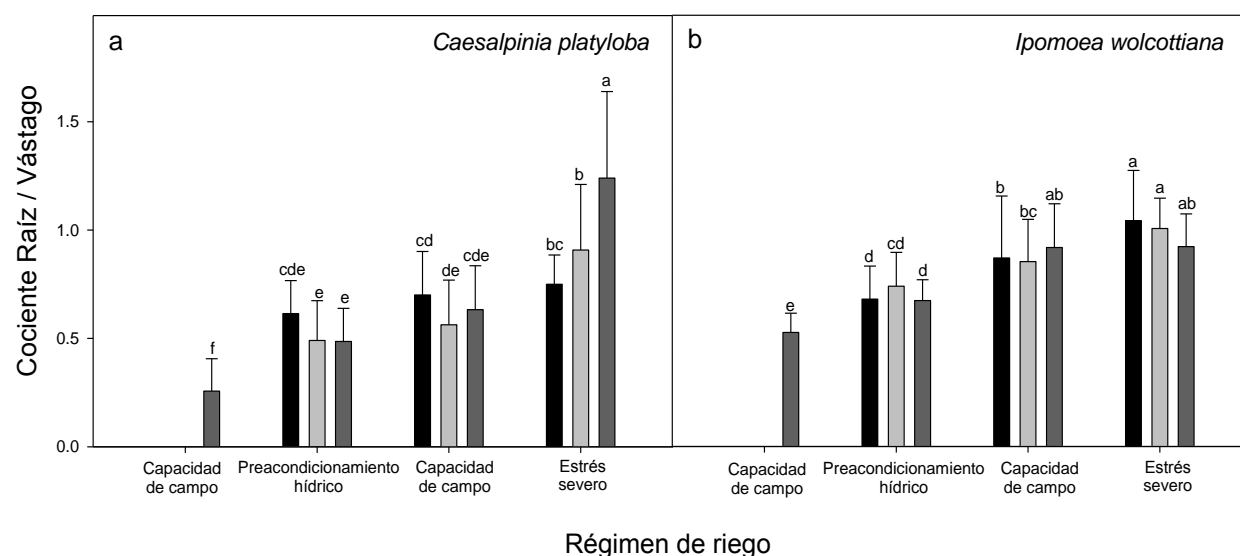


Figura 11. Cocientes Raíz/Vástago de plántulas de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Las letras indican la comparación estadística entre los tratamientos al interior de cada especie. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de preacondicionamiento hídrico: 75% 50% 0%

Relación entre TRC con TAN, PAF y AFE

En ambas especies se encontró que solamente hubo relación entre TRC y TAN. En el caso de *C. platyloba* esta relación fue descrita por una función exponencial ($TRC = a + be^{-TAN}$, $R^2 = 0.96$, $P = 0.00001$, Fig. 12a), mientras que en *I. wolcottiana* fue descrita por la función exponencial sigmoide ($TRC = a/(1+b^{-TAN})$, $R^2 = 0.98$, $P = 0.00001$, Fig. 12b).

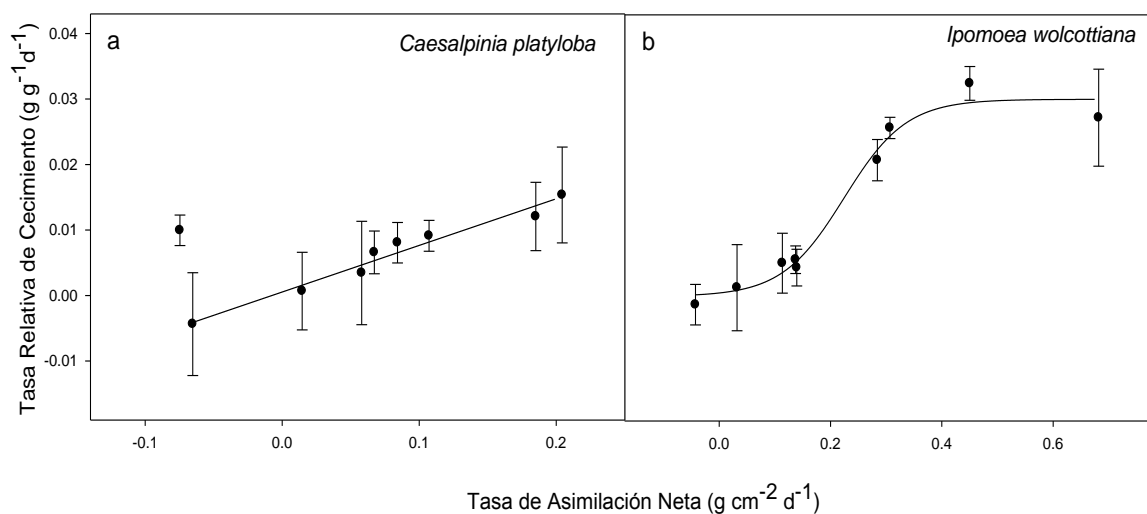


Figura 12. Relación entre TRC y TAN de: a) *Caesalpinia platyloba* y b) *Ipomoea wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$).

Eficiencia del Uso del Agua (EUA)

C. platyloba

Esta especie mostró valores de EUA menores a los de *I. wolcottiana*, quienes fueron mayores durante el periodo de precondicionamiento hídrico al 75%, seguida por el precondicionamiento al 50% y menor ante 0% de estrés ($F_{(9,140)} = 49.54$, $P = 0.00001$, Fig. 13a). Durante el periodo de riego a capacidad de campo, la EUA disminuyó de manera significativa para los tres tipos de precondicionamiento sin diferencia entre éstos.

I. wolcottiana

La mayor EUA se obtuvo en plántulas sometidas a precondicionamiento hídrico al 75%, seguidas por el tratamiento de 50% y con menor eficiencia ante 0% de estrés hídrico ($F_{(9,140)} = 69.23$, $P = 0.00001$, Fig. 13b). Las plántulas precondicionadas al 75% disminuyeron su EUA durante el subsiguiente periodo de riego a capacidad de campo.

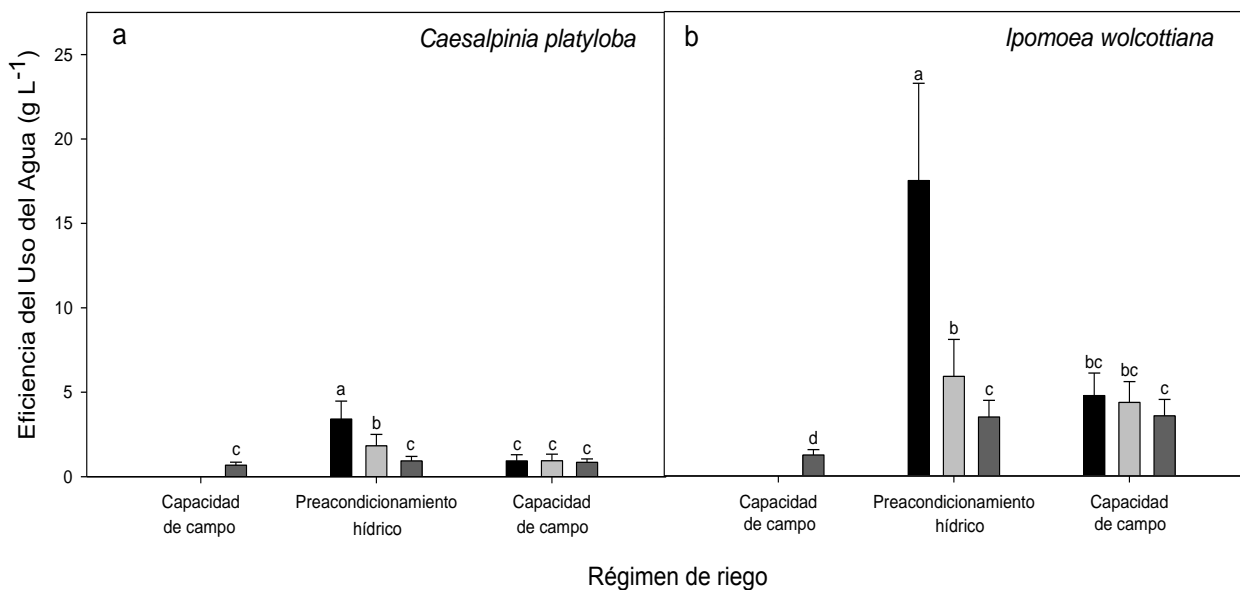


Figura 13. Eficiencia del Uso del Agua en las plántulas de: a) *C. platyloba* y b) *I. wolcottiana* sometidas a distintos regímenes de riego durante el experimento. Se presentan los valores promedio \pm una desviación estándar ($n = 15$). Niveles de precondicionamiento hídrico: ■ 75% □ 50% ▣ 0%

DISCUSIÓN

Durante la etapa de establecimiento de riego a capacidad de campo, la biomasa total de las plántulas de *Ipomoea wolcottiana* fue mayor que la de las plántulas de *Caesalpinia platyloba*. Sin embargo, el tamaño de las semillas y de los embriones de *I. wolcottiana* (63.2 ± 1.9 y 35.3 ± 0.8 mg respectivamente), reportados por Soriano *et al.* (2011), es menor, en un orden magnitud, que el de las semillas y embriones de *C. platyloba* (241.1 ± 6.3 y 116 ± 1.8 mg respectivamente). Aunque se ha documentado que las semillas grandes producen plántulas de mayor tamaño que las de las semillas pequeñas (Harper, 1977; Jurado *et al.*, 1991). Adicionalmente se ha comprobado una relación positiva entre el tamaño de la semilla y el tamaño del embrión (Soriano *et al.*, 2011), en el presente estudio la medición inicial de biomasa dio resultados contrarios a los que podrían esperarse con ese criterio. Sin embargo, esta medición de biomasa se realizó en plántulas con una edad de 60 días (duración del periodo de establecimiento en la casa de sombra y con riego a capacidad de campo), los que fueron suficientes para que se expresaran la TRC potenciales de ambas especies. En este sentido, se ha encontrado en varias especies, que existe una relación negativa entre la TRC y el tamaño de la semilla (Khurana y Singh, 2004; Soriano *et al.*, 2011). Estos valores contrastantes de biomasa entre especies se mantuvieron a través de los experimentos, lo que podría ser el resultado de las modificaciones funcionales presentadas por estas especies como parte de la estrategia de evasión (*sensu* Prasad, 1997; Larcher, 2003) para enfrentar condiciones de sequía; es decir, las plántulas de *I. wolcottiana* se establecen en ambientes perturbados, con altos niveles de insolación, por lo que altas TRC les permitirían, en la SST, desarrollar rápidamente sistemas radicales amplios durante los períodos de lluvia y enfrentar exitosamente los intervalos correspondientes a la canícula, mediante una estrategia evasiva de la sequía, evidenciada por el mayor porcentaje de biomasa encontrado en raíces y bajos porcentajes encontrados en hojas (Larcher, 2003). Por otro lado, los incrementos en biomasa observados en *C. platyloba* durante el tratamiento de estrés severo, aunque fueron significativos, también fueron pequeños (no mayores al 25%) con respecto a la biomasa mantenida durante los otros tratamientos, lo que indicaría un uso conservador de los recursos y serían consecuencia del incremento en la

TRC durante esta fase del experimento, lo que favorecería su establecimiento antes de los periodos intermitentes de sequía y la supervivencia durante éstos.

Durante el desarrollo de los experimentos con las plántulas de *C. platyloba* e *I. wolcottiana* se observaron cambios en su tasa de crecimiento así como en los componentes de ésta. En términos generales, el establecimiento de las plántulas en condiciones naturales es muy riesgoso (Facelli, 2008) debido a la variación en la disponibilidad de recursos tales como la luz (Rincón y Huante, 1993), los nutrimentos (Huante *et al.*, 1992) y el agua (Franco *et al.*, 2001; Bañón *et al.*, 2006; Miralles *et al.*, 2010). Sin embargo, la tasa a la que crecen las plantas les confiere ventajas para explotar ambientes con niveles contrastantes de estrés y perturbación (Chapin *et al.*, 1993). Durante el periodo de preacondicionamiento y de riego a capacidad de campo *C. platyloba* presentó una tasa de crecimiento menor a la de *I. wolcottiana*, independientemente del nivel de preacondicionamiento. Se ha documentado que las plántulas de especies que crecen en condiciones desfavorables tienen tasas de crecimiento potenciales menores que las de las plántulas de especies de ambientes favorables (Chapin, 1980); la tasa de crecimiento relativamente baja de *C. platyloba* correspondió a la encontrada por Huante *et al.* (1992, 1995) y con la que podría esperarse de una especie arbórea tolerante (Huante *et al.*, 1998) que se establece en las zonas sombreadas de la selva madura en la SST de Chamela (Rincón y Huante, 1993). Por otro lado, *I. wolcottiana* es una especie pionera que debe jugar un papel importante en los procesos de regeneración de las comunidades que crecen en sitios estacionalmente secos (Parra-Tabla, 2002; Barajas-Guzmán y Barradas, 2011). Su tasa de crecimiento relativamente mayor, encontrada durante los periodos de preaclimatación y de riego a capacidad de campo, le podrían dar ventaja en la adquisición de recursos que se presentan en pulsos, como sucede con la lluvia en la SST (Bullock, 1986; García-Oliva *et al.*, 2002; Páramo-Pérez, 2009) y/o con duración variable como sucede en Chamela, donde las lluvias se presentan de junio a noviembre (Parra-Tabla, 2002).

Las estrategias de establecimiento ante las variaciones en la disponibilidad de recursos también incluyen cambios en la asignación diferencial de biomasa (Wright y Westoby, 1999). Bazzaz (1997), menciona que estos ajustes en la asignación de biomasa son el resultado de la aclimatación a cambios en el ambiente. Antes del preacondicionamiento hídrico, es decir sin limitación de agua, ambas especies

asignaron una proporción semejante de biomasa al área foliar como lo indican los valores iniciales de PAF; sin embargo, la construcción de las hojas fue distinta entre especies. Los valores mayores de PPF y menores de AFE en *C. platyloba*, que en *I. wolcottiana*, sugieren que en la primera especie la asignación de biomasa a hojas corresponde con una estrategia conservadora (Facelli, 2008) caracterizada por la construcción de hojas densas y coriáceas, con cubiertas cerosas (Hernández-Pérez, 2006), con un esclerénquima relativamente grueso y con paredes celulares gruesas, lo que las hace resistentes y aumenta su longevidad (Reich *et al.*, 1992). El área foliar reducida también representa una disminución en la superficie de transpiración y una rápida regulación estomática (Larcher, 2003), pero restringe la asimilación de carbono, lo que se refleja en un crecimiento lento. En *I. wolcottiana* los valores de PPF y AFE relativamente bajos y altos respectivamente, (con respecto a los de *C. platyloba*) indican que sus hojas son delgadas, construidas con tejido de baja densidad, de menor longevidad, pero con una mayor exposición para la captura de luz, lo que les permite mantener tasas de crecimiento altas (Larcher, 2003). De manera contrastante, Maes *et al.* (2009) no encontraron cambios en el AFE de plántulas de *Jatropha curcas* después de someterlas a diferentes niveles de estrés hídrico, pero esta especie evade la sequía acumulando agua en los tallos.

Por otro lado, la distribución de los recursos en el suelo nunca es uniforme (Fitter, 1994), por lo que otro aspecto que forma parte de las estrategias que permiten que las plántulas se establezcan en ambientes con distinta disponibilidad de recursos es la asignación diferencial de biomasa hacia el sistema radicular en relación con la asignación a la parte aérea (Huante *et al.*, 1993). McConnaughay y Coleman (1999) proponen que altos valores del cociente raíz/vástago (R/V) representan una mayor capacidad de forrajeo de nutrientes y agua asociada con una mejor exploración y explotación en zonas de baja disponibilidad de nutrimentos (Fitter, 1994; Larcher, 2003). Durante la etapa de riego a capacidad de campo, en la fase inicial del experimento, las plántulas de *C. platyloba* presentaron valores de R/V menores que los presentados por *I. wolcottiana*. Cabe recordar que esta última se establece en sitios perturbados (Huante y Rincón, 1998), con altos niveles de insolación y evapotranspiración (Murphy y Lugo, 1986), por lo que la rápida producción de raíces le permitiría a sus plántulas establecerse más rápidamente antes de producir grandes superficies foliares de alta demanda (Khurana y Singh, 2004), lo anterior puede indicar la selección de una eficiencia mayor en la captura de agua durante el establecimiento

en la época de crecimiento relativamente corta de la SST (Páramo-Pérez, 2009), mientras que en el sistema radicular de *C. platyloba* con ramificación abundante (Flores-Pastor, 2000) le permitiría la exploración y explotación de una gran superficie de suelo. El desarrollo radicular diferencial de ambas especies podría indicar mecanismos diferentes para explotar el ambiente del suelo (Huante *et al.*, 1992).

Los distintos niveles de precondicionamiento no produjeron efecto ni en la TRC ni en la TAN de *C. platyloba*, pero al siguiente periodo de riego a capacidad de campo, las plántulas con precondicionamiento al 50 y al 0% (las últimas regadas previamente a capacidad de campo) mostraron TRC y TAN menores y negativas respectivamente. Esto podría deberse a que algunos de los individuos de *C. platyloba* con estos niveles de precondicionamiento, comenzaron a perder los cotiledones, mientras que las plántulas con precondicionamiento al 75% los retuvieron durante este tratamiento. En esta especie, el hecho de contar con agua suficiente durante el riego a capacidad de campo pudo haber determinado la pérdida de los cotiledones y la independencia de la plántula de sus reservas (Hocking y Steer, 1989). Se ha probado en plántulas de *Quercus robur* que la remoción de los cotiledones abatió su crecimiento, tanto en condiciones de luz como de sombra (García-Cebrian *et al.*, 2003) y en especies de SST se ha propuesto que el crecimiento temprano de las plántulas está relacionado con el tipo de cotiledones y con la composición y el uso de sus reservas (Soriano *et al.*, 2011). Las dos especies consideradas en este estudio presentan cotiledones fanerocotilares, epígeos y fotosintéticos, que contribuyen a tasas de crecimiento altas o relativamente altas (Soriano *et al.*, 2011). En *C. platyloba*, los valores relativamente altos de TAN observados en las plántulas precondicionadas al 75 y 50%, durante el periodo de estrés severo indicarían que se logró aclimatar a las plántulas de esta especie con estos niveles de déficit hídrico, observándose un efecto favorable en la asimilación de biomasa, como sucedió con las plántulas de *Picea mariana* las cuales incrementaron su intercambio gaseoso durante etapas de estrés (Zine El Abidine *et al.* 1994). En el caso de *I. wolcottiana* TRC y TAN fueron menores en las plántulas con 0 y 75% de precondicionamiento durante la etapa de riego a capacidad de campo, posterior al tratamiento de precondicionamiento, lo que también coincidió con la pérdida de los cotiledones en las plántulas con estos niveles de precondicionamiento, aunado a la pérdida de hojas en las plántulas con el 75% de precondicionamiento, quienes ya no solo no formaron hojas, sino que presentaron una defoliación casi total durante el tratamiento de estrés severo. Esto indica que el nivel de

preacondicionamiento del 75% fue excesivo para las plántulas de *I. wolcottiana*, lo que indujo la abscisión de las hojas, correspondiendo con la estrategia de evasión a la sequía reduciendo la superficie de transpiración (Larcher, 2003), pero con el consecuente efecto negativo en la asimilación y por lo tanto en el crecimiento (Liptay *et al.*, 1998). Este efecto de sobrecondicionamiento fue observado en plántulas de *Silene vulgaris* (Franco *et al.*, 2008). La defoliación en *I. wolcottiana* también se expresó con la reducción de los valores de la proporción de peso foliar y el incremento del cociente R/V durante el periodo de riego a capacidad de campo. Las altas TAN observadas, durante el periodo de riego a capacidad de campo, en las plántulas de *I. wolcottiana* preacondicionadas al 50%, sugieren una estrategia de captación de recursos para llevar a cabo los ajustes necesarios en las plántulas (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2000; Villar-Salvador *et al.*, 2004; Franco *et al.* 2008) que les permiten enfrentar condiciones de estrés hídrico (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2000; Miralles *et al.*, 2010) y por lo tanto sugiere ser un nivel óptimo de preacondicionamiento para esta especie.

Las plántulas de *C. platyloba* e *I. wolcottiana* mostraron ser suficientemente plásticas para lograr la aclimatación al estrés hídrico y poder sobrevivir a los periodos de sequía que se presentan durante la época de lluvias en la SST de Chamela, hay reportes de que en condiciones naturales las plántulas de las especies de éste ecosistema pueden presentar preaclimatación a condiciones de sequía (Khurana y Singh, 2001). En ambas especies, como resultado del preacondicionamiento a condiciones de estrés hídrico, hubo un cambio en la asignación de biomasa de la parte aérea hacia la raíz, como lo indica el incremento del cociente R/V en condiciones de estrés hídrico severo. Burslem *et al.* (1996) reportaron, en cuatro especies de selva tropical húmeda de Singapur, el incremento en la biomasa de raíces laterales debido al estrés hídrico. Adicionalmente, Franco *et al.* (2001, 2008) reportan mayor asignación a raíces de plántulas de *Lotus creticus* y de *Silene vulgaris* sometidas a estrés moderado y más aún a estrés severo. Este incremento en la asignación relativa a raíces es el resultado de procesos de preacondicionamiento durante el crecimiento en invernadero que mejoran el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas después de su transplante a condiciones semiáridas (Franco *et al.*, 2002), lo que podría sugerir que representa parte de la preparación de las plántulas de *C. platyloba* e *I. wolcottiana* para enfrentar los periodos de canícula en la SST de Chamela.

Se ha argumentado que las variaciones en la TRC al interior de las especies es el resultado de cambios en la PAF, a su vez determinados por variaciones en el AFE

(Wright y Westoby, 1999). En estas especies hubo disminución en la asignación de biomasa a área foliar, como lo indica la reducción de PAF durante el periodo de estrés severo, lo que representa una respuesta plástica de las plántulas para aclimatarse a distintos niveles de disponibilidad de agua (Sánchez-Blanco *et al.*, 2004; Khurana y Singh, 2004). Sin embargo, en ninguna de las especies hubo efecto de la disponibilidad de agua en la estructura de sus hojas, ni entre niveles de preacondicionamiento ni entre los tiempos, ya que el AFE se mantuvo sin cambios a lo largo del experimento en ambas especies.

Por otro lado, los resultados sugieren que la aclimatación de las plántulas de *C. platyloba* e *I. wolcottiana* estuvo determinada a nivel fisiológico por variaciones en TAN, como lo sugieren las relaciones significativas entre las TRC y TAN de ambas especies, mientras que las relaciones entre las TRC con la PAF y con el AFE no fueron significativas. Esta relación, para *I. wolcottiana*, describió incrementos muy rápidos y crecientes en los valores de la TRC relacionados con los aumentos iniciales en los valores de TAN, contrastando con los aumentos, casi constantes para la TRC de *C. platyloba* en el mismo intervalo de valores de TAN, lo que también estaría indicando un uso más conservador de los recursos (Facelli, 2008) por parte de esta especie. La plasticidad fisiológica permite hacer un uso eficiente de los recursos cuando éstos son limitados (Poorter y Remkes, 1990), de manera muy clara, en *C. platyloba*, durante el periodo de estrés severo, la reducción en el área foliar, representada por la disminución en las proporciones de área y peso foliar, fue compensada con el incremento en la TAN en las plántulas que tuvieron preacondicionamiento hídrico, lo que no sucedió en las plántulas que no fueron expuestas al endurecimiento.

Se puede concluir que el estrés hídrico produjo un incremento en la eficiencia de un área foliar reducida incrementando la TAN. En *I. wolcottiana* también se redujo la asignación a hojas, principalmente en las plántulas que tuvieron preacondicionamiento. La aclimatación fisiológica se ha observado principalmente en especies de crecimiento lento que se establecen en ambientes poco productivos, las cuales producen partes vegetativas de larga duración que estarán expuestas a condiciones ambientales con amplias variaciones, por lo que la plasticidad que se expresa, principalmente en las plantas tolerantes al estrés, es la fisiológica, expresada a través de cambios que pueden ser rápidos y reversibles (Grime *et al.*, 1986). Estos cambios están relacionados con mecanismos de regulación estomática y a nivel de

procesos en el mesófilo que favorecen el intercambio gaseoso durante situaciones de estrés (Zine El Abidine *et al.*, 1994). En este sentido Poorter y Remkes (1990) proponen que los incrementos en TAN requieren de mayores tasas fotosintéticas que se alcanzan con inversiones altas en el aparato fotosintético.

Con base en los resultados obtenidos se podría concluir que se logró el preacondicionamiento de las plántulas de ambas especies, y que el nivel de preacondicionamiento sugerido para *C. platyloba* es el del 75%, mientras que para *I. wolcottiana* sería el nivel moderado que corresponde al 50%. Es importante comprobar esta propuesta haciendo trasplantes de plántulas preacondicionadas a la SST y evaluar su sobrevivencia.

En plántulas de *Nerium oleander* la preaclimatación al déficit de riego, en invernadero, fue el resultado de ajustes osmóticos, con una eficiente regulación estomática y el incremento en la asignación de biomasa a las raíces (Bañon *et al.*, 2006), mientras que en plántulas de *Picea mariana*, preaclimatadas mediante ciclos de riego y no riego, la aclimatación de los mecanismos fotosintéticos y estomáticos no se debieron al ajuste osmótico (Zine el Abidine *et al.*, 1994), lo que sugiere que las distintas técnicas de preaclimatación producen efectos fisiológicos diferenciales, por lo que sería recomendable confirmar directamente cuáles fueron los mecanismos fisiológicos involucrados en el preacondicionamiento de las plántulas de *C. platyloba* y de *I. wolcottiana*.

BIBLIOGRAFÍA

Arreola, J., Franco, J. A., Vicente, M. J. y Martínez-Sánchez, J. J. 2006. Effect of nursery irrigation regime on vegetative growth and root development of *Silene vulgaris* after transplantation into semi-arid conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81: 583 – 592.

Balvanera, P. 1999. Diversidad beta, heterogeneidad ambiental y relaciones espaciales en una selva baja caducifolia. Tesis de Doctorado en Ecología. Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Posgrado, UNAM, México, D.F.

Bañon, S., Ochoa, J., Franco, J.A., Alarcón, J. J. y Sánchez-Blanco, M.J. 2006. Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 36-43.

Barajas-Guzmán, M.G. y Barradas, V. L. 2011. Microclimate and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a tropical dry deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 88: 27-34.

Bazzaz, F. A. 1997. Allocation of Resources in plants: State of the Science and Critical Questions. pp: 1 – 37. En: Bazzaz, F. A. y Grace, J. (Eds.). *Plant Resource Allocation*. Academic Press, London.

Bezaury Creel, J. 2010. Las Selvas Secas del Pacífico mexicano en el contexto mundial. pp.: 21-40. En: Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury Creel, J. y Dirzo, R. (Eds.). *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias Para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco and trends in the south coastal region of Mexico. *Arch. Met. Geophys. Bioclimatol*, 36: 297–316.

Bullock, S. H. y Solis-Magallanes, J. A. 1990. Phenology of Canopy Trees of a Tropical Deciduous Forest in Mexico. *Biotropica*, 22: 22-35.

Burslem, D. F. R. P., Grubb, P. J. y Turner, I. M. 1996. Responses to simulated drought and elevated nutrient supply among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical forest in Singapore. *Biotropica*, 28:636 – 648.

Ceballos, G., Cantú, C. y Bezaury Creel, J. 2010. Áreas de conservación de las regiones prioritarias de las selvas secas. p. 349-386. En: Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury Creel, J. y Dirzo, R. (Eds.). *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias Para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E. y Bezaury Creel, J. 2010. Áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico mexicano. p. 387-392, 441-446. En: Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury Creel, J. y Dirzo, R. (Eds.). *Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias Para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

Chapin, F. S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 233 – 260.

Chapin, F. S., Autumn, K. y Pugnaire, F. 1993. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. *American Naturalist*, 142: 878-892.

Dalling, J. W. y Hubbell, S. P. 2002. Seed size, growth rate and gap microsite conditions as determinants of recruitment success for pioneer species. *Journal of Ecology*, 90: 557-568.

Dinerstein, E. D.M., Olson, D.J., Gram, A.L., Webster, S.A., Primn, M. P. O., Brookbinder y Ledec, G. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones de América Latina y Caribe. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. Washington DC.

Engelbrecht, B. M.J., Dalling, J. W., Wolf, R., Pearson, T., Galvez, D., Koehler, T., Tyree, M. T. y Kursar, T. A. 2006. Short dry spells in the wet season increase mortality of tropical pioneer seedlings. *Oecologia*, 148: 258-269.

Evans, G. C. 1972. *The Quantitative Analysis of Plant Growth*. Blackwell, Oxford.

Facelli, J. M. 2008. Specialized seedling strategies I: seedlings in stressful environments. pp.: 56-78. En: Leck, M. A., Parker, V. T. y Simpson, R. I. (Eds.) *Seedling Ecology and Evolution*. Ed. Cambridge University Press , UK.

Fernández, J. A., Balenzategui, L., Bañón, S. y Franco, J. A. 2006. Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in *Phillyrea angustifolia* during nursery period. *Scientia Horticulturae*, 107: 277 – 283.

Fitter, A. H. 1994. Architecture and biomass allocation as components of the plastic response of root systems to soil heterogeneity. pp.: 305-323. En: Caldwell, M. M. y Pearcy, R. W. (Eds.) *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants. Ecophysiological Processes Above- and Belowground*. Ed. Academic Press, USA.

Flores-Pastor, T. 2000. Disponibilidad de nutrientes, diseño funcional de raíces y tasa de crecimiento en 39 especies de plántulas de la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Franco, J. A., Bañón, S., Fernández, J.A. y Leskovar, D. I. 2001. Effect of nursery regimes and establishment irrigation on root development of *Lotus creticus* seedlings following transplanting. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76 (2): 174-179.

Franco, J. A., Cros, V., Bañón, S., González, A. y Abrisqueta, J. M. 2002. Effects of nursery irrigation on postplanting root dynamics of *Lotus creticus* in semiarid field conditions. *HortScience*, 37:525 – 528.

Franco, J. A., Arreola, J., Vicente, M. J. y Martínez-Sánchez, J. J. 2008. Nursery irrigation regimes affect the seedling characteristics of *Silene vulgaris* as they relate to potential performance following transplanting into semi-arid conditions. *Journal of Horticultural Science a Biotechnology*, 83 (1): 15-22.

García, E., 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen México, Offset Larrios.

García-Cebrián, F., Esteso-Martínez, J. y Gil-Pelegrín, E. 2003. Influence of cotyledon removal on early seedling growth in *Quercus robur* L. *Annals of Forest Science*, 60: 69 – 73.

García-Oliva, F., Ezcurra, E., Galicia, L. 1991. Pattern in rainfall distribution in the Central Pacific Coast of Mexico. *Geografiska Annaler*, 73 A:179 -186.

García-Oliva, F., Maass, J.M., Galicia, L. 1995. Rainstorm analysis and rainfall erosivity of a seasonal tropical region with a strong cyclonic in the Pacific Coast of Mexico. *Journal of Applied Metereology*, 34: 2491-2498.

García-Oliva, F., Camou, A. y Maass, J. M. 2002. El clima de la región central de la costa del Pacífico Mexicano. p.: 3-10. En: Noguera, F. A., Vega- Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N. y Quesada-Avendaño, M. (Eds.) *Historia Natural de Chamela*. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Grime, J. P., Crick, J. C. y Rincon, J. E. 1986. The Ecological Significance of Plasticity. pp.: 5-29 En: Jennings, D.H. y Trewavas, A. J. (Eds.) *Plasticity in Plants*. Ed. The Society of Experimental Biology by The Company of Biologists Limited, Department of Zoology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge.

Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.

Hernández-Pérez, V. 2006. Reservas en semillas y su papel en las primeras etapas de desarrollo en especies leñosas de selva baja caducifolia. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Hocking P. J. y Steer, B. T. 1989. Effects of seed size, cotyledon removal and nitrogen stress on growth and on yield components of oilseed sunflower. *Field Crops Research*, 22: 59-75.

Huante, P., Rincón, E. y Gavito, M. 1992. Root system análisis of seedlings of seven tree species from a tropical dry forest in Mexico. *Trees*, 6: 77 – 82.

Huante, P., Rincón, E. y Allen, E. B. 1993. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on seedling growth of four tree species from the tropical deciduous forest in Mexico. *Mycorrhiza*, 2: 141-145.

Huante, P., Rincón, E. y Acosta, I. 1995. Nutrient availability and growth rate of 34 woody species from a tropical deciduous forest in Mexico. *Functional Ecology*, 9: 849-858

Huante, P., Rincón, E. y Chapin III, F. S. 1995. Responses to phosphorus of contrasting successional tree-seedling species from the tropical deciduous forest of Mexico. *Functional Ecology*, 9: 760-766.

Huante, P. y Rincón, E. 1998. Responses to light changes in tropical deciduous woody seedlings with contrasting growth rates. *Oecologia*, 113: 53-66.

Huante, P., Rincón, E. y Chapin III, F. S. 1998. Effect of changing light availability on nutrient foraging in tropical deciduous tree-seedlings. *Oikos*, 82: 449-458.

Huante, P., Barradas, V. L. y Rincón, E. 2002. Ecofisiología vegetal. p. 473-489. En: Noguera, F. A., Vega- Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N. y Quesada-Avendaño, M. (Eds.) Historia Natural de Chamela. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Hunt, R. 1982. Growth Analysis of Individuals. p.: 16-29. En: Hunt, R. Plant Growth Curves: The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Ed. Edward Arnold (Publishers) Limited, London.

Instituto de Biología. "Caesalpinia platyloba - IBUNAM:MEXU:OAX1139919". UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2011-08-12. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultada en: 2012-8-27. Disponible en: <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:OAX1139919>

Jurado, E., Westoby, M., y Nelson, d. 1991. Diaspore weight, dispersal, growth form and perenniality of central australian plants. *Journal of Ecology*, 79: 811 – 828.

Khurana, E. y Singh, J. S. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation*, 28 (1): 39-52.

Khurana, E. y Singh, J. S. 2004. Germination and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: Impact of seed size. *Journal of Tropical Ecology*, 20 (4): 385-396.

Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology. 4th edn. Springer, Heidelberg. Alemania.

Lott, E. J., Bullock, S. H. y Solis-Magallanes, J. A. 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forests of coastal Jalisco. *Biotropica*, 19: 228-235.

Lott, E. J. 2002. Lista anotada de las plantas vasculares de Chamela-Cuixmala. p. 99-136. En: Noguera, F. A., Vega- Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N. y Quesada-Avendaño, M. (Eds.) Historia Natural de Chamela. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Liptay, A., Sikkema, P., y Fonteno, W. 1998. Trasplant growth control trough water deficit stress – a review. *HortTechnology*, 8 (4):540 – 543.

Maass, M., Búrquez, A., Trejo, I., Valenzuela, D., González, M.A., Rodríguez, M. y Arias, H. 2010. Amenazas. p. 321-346. En: Ceballos, G., Martínez, L., García, A., Espinoza, E., Bezaury Creel, J. y Dirzo, R. (Eds.). Diversidad, Amenazas y Áreas Prioritarias Para la Conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

McDowell, N., Pockman, W. T., Allen, C. D., Breshears, D. D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D. G. y Yepez, E. A. 2008. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?. *New Phytologist*, 178: 719-739.

McConnaughay, K. D. M, y Coleman, J. S. 1999. Biomass allocation in plants: Ontogeny or optimality? A test along three resource gradients. *Ecology*, 80: 2581–2593.

Milberg, P., Pérez-Fernández, M. A. y Lamont, B. B.1998. Seedling growth response to added nutrient depends on seed size in three woody genera. *Journal of Ecology*, 86: 624 – 632.

Miralles Crespo, J., Sánchez-Blanco, M. J., Navarro G., A., Martínez-Sánchez, J. J., Franco L., J. A. y Bañón A., S. 2010. Comparison of stem diameter variations in three small ornamental shrubs under water stress. *HortScience*, 45(11): 1681-1689.

Mittermeier, R.A., Myers, N., Robles Gil, P. y Goettsch Mittermeier, C. 1999. Biodiversidad amenazada: Las ecorregiones terrestres prioritarias del mundo. CEMEX, Agrupación Sierra Madre. México, D. F.

Murphy, P. G. y Lugo, A. E. 1986. Ecology of Tropical Dry Forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17: 67-88.

Olivares, E. y Medina, E. 1992. Water and nutrient relations of woody perennials from tropical dry forest in Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 3: 383-392.

Pallardy, S. G. 2008. Transpiration, plant water balance and adaptation to drought. pp: 325-366. En: Pallardy, S. G. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, USA.

Páramo-Pérez, M. E. 2009. Análisis temporal de los eventos de sequías cortas y sus efectos en la fisiología y supervivencia de plántulas de cuatro especies arbóreas de la Selva Baja Caducifolia. Posgrado en Ciencias Biológicas, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Parra-Tabla, V. 1995. Factores ecológicos limitantes de la fecundidad y selección natural en características florales de *Ipomoea wolcottiana* (Convolvulaceae). Tesis de doctorado. UACPyP-Centro de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México, México. D. F.

Parra-Tabla, V. y Bullock, S. H. 1998. Factors limiting fecundity of the tropical tree *Ipomoea wolcottiana* in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 615 - 628.

Parra-Tabla, V. 2002. *Ipomoea wolcottiana* Rose (Convolvulaceae). Ozote. pp: 159-161. En: Noguera, F. A., Vega- Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N. y Quesada-Avendaño, M. (Eds.) *Historia Natural de Chamela*. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Porter, J. R. 1983. A Modular Approach to Analysis of Plant Growth. II Methods and Results. *New Phytologist*, 94: 191-200.

Poorter, H. y Remkes, C. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species in relative growth rate. *Oecologia*, 83: 553 – 559.

Prasad, M.N.V. 1997. *Plant Ecophysiology*. Ed. M.N.V. Prasad. Wiley, New York,

Quigley, M. F. 1994. *Latitudinal gradients in temperature and tropical seasonal forests*. Ed. Louisiana State University, Baton Rouge, USA.

Reich, P. B., Walters, M. B. y Ellsworth D. S. 1992. Life-span in relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs*, 62: 365 – 392.

Reich, P. B., Walters, M. B., Tjoelker, M. G., Vanderklein, D. y Buschena, C. 1998. Photosynthesis and respiration rates depend on leaf and root morphology and nitrogen concentration in nine boreal tree species differing in relative growth rate. *Functional Ecology*, 12: 395-405.

Rincón, E. y Huante, P. 1993. Growth responses of tropical deciduous tree seedlings to contrasting light conditions. *Trees: Structure and Function*, 7: 202-207.

Rincón E. y Huante, P. 1994. Influence of mineral nutrient availability on growth of tree seedlings from the tropical deciduous forest. *Trees*, 9: 93-97.

Ruíz-Sánchez, M. C., Domingo, R., Torrecillas, A., Pérez Pastor, A. 2000. Water stress preconditioning to improve drought resistance in young apricot plants. *Plant Science*, 156: 245-251.

Rzedowski, J. 1986. La vegetación de México. Editorial Limusa, México, D. F.

Sánchez-Blanco, M. J., Ferrández, T., Navarro, A., Bañón, S., Alarcón, J. J. 2004. Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plants during and after transplanting. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1133-1142.

Soriano, D., Orozco-Segovia, A., Márquez-Guzmán, J., Kitajima, K., Gamboa-de Buen, A. y Huante, P. 2011. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. *Annals of Botany*, 107: 939-951.

Trejo, I. y Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*, 94: 133 - 142.

Unterscheutz, P., Ruetz, W. F., Geppert, R. R. y Ferrell, W. K. 1974. The effect of age, pre-conditioning, and water stress on the transpiration rates of douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings of several ecotypes. *Physiol. Plant.* 32: 214-221.

Valladares, F., Wright, S. J., Lasso, E., Kitajima, K. y Pearcy, W. 2000. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. *Ecology*, 81: 1925-1936.

Valverde T, Pisanty I. 1999. Growth and vegetative spread of *Schizachyrium scoparium* var. *littoralis* (Poaceae) in sand dune microhabitats along a successional gradient. *Canadian Journal of Botany*, 77:219–229.

Vázquez, J.A., G. y Givnish, T.J. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán, Jalisco, México. *Journal of Ecology*, 86: 999-1020.

Vilagrosa, A., Cortina, J., Gil-Pelgrin, E. y Bellot, J. 2003. Suitability of drought-preconditioning techniques in Mediterranean climate. *Restoration Ecology*, 11:208-216.

Villar-Salvador, P., Planelles, R., Oliet, J., Peñuelas-Rubira, J. L., Jacobs, D. F. y González, M. 2004. Drought tolerance and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. *Tree Physiology*, 24: 1147-1155.

Walters, M.B. y Reich, P.B. 2000a. Seed size, nitrogen supply, and growth rate affect tree seedling survival in deep shade. *Ecology*, 81: 1887–1901.

Walters, M.B. y Reich, P.B. 2000 b. Trade-offs in low-light CO₂ exchange: a component of variation in shade tolerance among cold temperate tree seedlings. *Functional Ecology*, 14: 155–165.

Wright, I. J. y Westoby, M. 1999. Differences in seedling growth behavior among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. *Journal of Ecology*, 87: 85-97.

World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)

<http://www.unep-wcmc.org/>

World Wildlife Fund (WWF)

http://wwf.panda.org/about_our_earth/ecoregions/mexican_dry_forests.cfm

Zar, J. H. 1974. *Biostatistical Analysis*. Ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. USA.

Zine El Abidine, A., Bernier, P.Y., Stewart, J.D. y Plamondon, A. P. 1994. Water stress preconditioning of black spruce seedlings from lowland and upland sites. *Canadian Journal of Botany*, 72: 1511-1518.

Zwiazek, J. J. 1991. Cell wall changes in white spruce (*Picea glauca*) needles subjected to repeated drought stress. *Physiologia Plantarum*. 82: 513-518.