



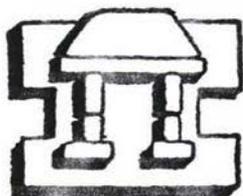
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

" EFECTO DEL ENDURECIMIENTO DE LAS SEMILLAS DE *BUDDLEJA CORDATA*
H. B. K. EN LAS ETAPAS INICIALES DE SU CICLO DE VIDA "

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE BILOGO
P R E S E N T A:
PATRICIA AGUILERA JIMENEZ

DIRECTORA DE TESIS : M. EN C. MA. ESTHER SÁNCHEZ CORONADO



IZTACALA

2003



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.

† *A la memoria de una maravillosa mujer, mi
abuela Clementina García de Aguilera.*

*Esta etapa de mi vida que transcurrió siendo muy feliz, fue gracias a todo tu
cariño.*

Gracias por ser mi ejemplo.

Porque se que donde quiera que te encuentres, estas conmigo

† Rodo, te quiero.

Yo no se quién, ni cómo sería el amor y el hombre de mi vida. Lo que siempre advertí, es que sería aquel, en él que pudiera ver a través de sus ojos mi alma y que a pesar del tiempo pudiera reconocerlo en mi corazón,... Fue entonces que me reencontraste... Sólo bastaron 20 años de nuestras vidas para que Dios nos permitiera aprender, y una sola mirada para que nuestras almas se unieran por tiempo y eternidad.

A ti por haber sido quien terminó de esculpir la mujer que ahora soy.

Te amo Felipe

Agradecimientos

Mi más profundo reconocimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México. Que desde el año de 1989 me cobijara en sus recintos, forjando esta mujer y profesionalista que ahora soy. A todos los grandes universitarios que permitieron que un 22 de julio, día en que yo viera por primera vez la luz, también esta máxima casa de estudios pudiera gritar su autonomía.

Por engrandecer mi alma y mi espíritu. Por darme la oportunidad de servirla y seguir perteneciendo a ella.

Al proyecto de CONACYT GOO11-N9607, por el financiamiento para la realización de esta tesis.

Al Instituto de Ecología de la UNAM . Al Laboratorio de Ecofisiología de la Germinación de la UNAM.

Al Museo de las Ciencias UNIVERSUM, mi segunda casa, por la oportunidad de pertenecer a la comunidad de Divulgadores de la Ciencia de esta Máxima Casa de Estudios. Y por ofrecerme todo el apoyo por hacer de la Divulgación de la Ciencia mi forma más plena de vivir la vida, como Bióloga.

Al Dr. Carlos Vázquez Yanes (in memorian). Por enseñarme la pasión por el conocimiento y la ciencia.

Al equipo de Sinodales por sus acertados comentarios y aportaciones para la realización de esta tesis.

M. en C. Manuel Mandujano, por sus observaciones tan puntuales y tan atinados puntos de vista para la culminación de este trabajo.

M. en C. Hugo Perales, por señalarme lo más relevante de mi trabajo y mi agradecimiento por reconocer esta labor de realizar una tesis tan compleja.

Dr. Ignacio Peñalosa Castro, por creer en mi hace 11 años y por aceptar pertenecer a este cuerpo de sinodales, sus aportaciones siempre han sido certeras y exactas.

A mi directora de tesis la M. en C. Ma. Esther Sánchez Coronado, por todo el apoyo, el aprendizaje y confianza para obtener los frutos de este trabajo, que en todo momento fue una labor de excelencia académica. "Haciendo ciencia de primer mundo en un País de tercer mundo."

A la Dra. Alma Orozco Segovia, por su preocupación constante de que siempre perteneciera a su equipo de trabajo, plasmando las ideas más vanguardistas en el campo de la Ecofisiología de semillas.

Al Dr. Saúl Maya y al M. en C. Sergio Stanford, por su apoyo y enseñanza en un momento tardío de mi vida académica, se que sin su ayuda este trabajo no podría haberse concretado.

Al Dr. Sergio Vaca Pacheco.

Sergio mi más profundo agradecimiento y estimación por todo el apoyo incondicional que me brindaste para culminar con la parte de la carrera que había estado inconclusa. Se que sin ti, posiblemente nunca podría haber visto llegar este momento tan importante en mi vida académica...

Y como un día tu me lo señalaste, - esto fue sólo un bache académico, pregúntate: ¿cómo esta tu interior? eso, eso es lo importante-

A la M. En C. Alejandra Alvarado Zink. Responsable de la Sala de Biodiversidad y Senda Ecológica del Museo de las Ciencias UNIVERSUM.

Alejandra, para ti todo mi agradecimiento por permitirme culminar con esta etapa de mi vida, sin tu apoyo y comprensión como jefa nunca me habría titulado. Por abrirme las puertas y por enseñarme todo lo que he aprendido. Por tu confianza y por tratarme como tu colega desde que me diste la asignación como tu asistente.

A la Dra. Julia Tagüña Parga, por su aliento constante para terminar y obtener este grado académico y así continuar con la labor de la Divulgación Científica en este País.

A los Biólogos César Rodríguez Ortega, por su colaboración en la realización de las figuras de este trabajo, y a Heliot Zarza Villanueva, por el apoyo para la realización de corrección de estilo, edición e impresión de esta tesis.

A la comunicadora gráfica Isabel Plata Zamora, por la realización de la ilustración científica de la "especie".

Carmelita y Luisa, ambas pertenecientes al equipo administrativo de la FES Iztacala, muchas gracias por su ánimo siempre dispuesto y ayudarme en los momentos en que creí que no podía terminar esto que comencé un 4 de noviembre del año 1992. Gracias.

A ti Dios por amarme tanto

A mi Familia:

Pa', Mamita, Luis y Jonathán.

A mis papas por ser el motor de todos mis logros, por enseñarme a soñar y ser feliz. Gracias por hacerme una mujer libre y llena de fortaleza. Por todo lo aprendido durante estos 29 años.

Papito.

Una vez más quiero decirte que te amo, y que eres el mejor padre del mundo. Que agradezco lo que hiciste de mí, gracias por esas muñecas que nunca llegaron en las quincenas; por ello formaste una mujer segura, agradecida con la vida y muy fuerte. Gracias a todo lo enseñado, las frustraciones, el desamor, los fracasos, tropiezos y equivocaciones se convirtieron en una forma de aprender. Y todo esto se convirtió en risas, alegrías, ilusiones, determinaciones, y un universo que conspiró para que yo fuera feliz. La vida que me enseñaste a vivir me ha permitido realizarme en todos los aspectos que siempre quise de mi vida. Se que me enseñaste bien y que esto sólo es el principio...

Gracias, tu hija.

Mamita

Sólo puedo decirte, porque no existen palabras para expresar todo lo que te amo.

Gracias ...

... Gracias, a ti soy esta mujer. Si tu no hubieras sido mi mamá, yo no sería quien ahora soy. Eres la única mujer que podía serlo. De ti he aprendido todo lo que se, gracias por estar a mi lado toda la vida, por tu apoyo incondicional y por permitirme alcanzar todos mis sueños y mis deseos. Por ser mi confidente, mi cómplice, y mi ejemplo. Te debo toda mi felicidad y te debo que hayas tenido el coraje y el amor para que yo naciera y pudiera vivir.

Te amo mamá

Luis

Yo sólo quiero que algún día puedas sentir lo que ahora yo. Este placer de haber culminado, no una tesis, si no con un ciclo de vida, lo que he aprendido como ser humano se que sólo podría haber sido haciendo esto. Hermano siempre te he querido mucho y admirado por ser como eres.

Jonathán.

Hermanito, cuando pedimos que te queríamos con nosotros, sabía que ibas hacer una de las cosas más importantes que me pasarían en la vida. Te amo mucho y esta tesis te la dedico en nombre del inmenso amor que te tengo.

Giovanna.

Para mi pericotote y mi hermosa lagartija a la que más quiero. Nena este es un pequeño paso de todo lo que quiero seguir caminando en la vida. Quiero que sepas que este momento es uno de los más importantes que he pasado. Te quiero y quisiera que algún día tu pudieras experimentar todo lo que yo he aprendido. Con todo mi amor tu tía.

A la Familia Aguilera Hernández

Chucho, Naty, Penélope y Odiseo. Gracias por estar siempre conmigo y por querernos tanto como nos queremos. Porque ustedes han sido parte de toda mi felicidad, Gracias.

A la Familia Ruíz Aguilera

Gracias tía Ana, Marcelo, Lilián y Eder. Este pequeño logro es para ustedes también. Tía Ana, gracias por todo tu amor y por toda tu preocupación por verme contenta. Quiero decirte que la plenitud y la felicidad es una actitud ante la vida. Puedes estar tranquila, soy feliz.

A la Familia Jiménez Luna

Abuelita, Lety, Tey, Ricardo, Tey y Javi. Mi reconocimiento por todo lo que son como familia y por todo el cariño que me han dado, los quiero.

A la Familia Arévalo García

Rodo, Paty, Chucho, Alan y Paola. Gracias por formar esta familia maravillosa. Gracias Rodo por haberme dado la oportunidad de querer a tu familia. Paty quiero decirte que eres una mujer admirable. Dios te permitió amar a Rodo y enseñarles a los niños que la vida continúa, a pesar del dolor y la adversidad.

Chucho, Alan y Paola.

Este trabajo lo dedico a ustedes, esperando que algún día puedan agradecerle a la vida como yo todo lo que me ha dado. Los quiere Paty

Eliot y Rocío

Quiero agradecer a Dios que me ha dado la fortuna de tener a dos de los seres humanos más extraordinarios que he conocido y que además me han dado la oportunidad de ser mis mejores amigos.

Gorda

Podría decir tantas cosas acerca de la maravillosa mujer que eres, de por qué te admiro y de por qué te amo y la respuesta es, porque te amo. Tu y yo sabemos en que momento de nuestra vida supimos que estoy sería para siempre. Sólo podría pagar y agradecer todo lo que significas para mí con lo único que tengo y que es lo más valioso de mi vida, yo misma... Que Dios te mire.

Heliotito.

Creo que una de las más grandes cualidades entre todas las que tienes, es que eres el ser humano más honesto que he conocido. Esto te ha permitido ser un hombre noble y un hombre bueno. Sabes amar tan intensamente como yo. Siempre sabes escuchar y siempre lo has hecho sin juzgar. Siempre has estado en el momento justo y siempre cuando mi alma ha necesitado paz. Porque además me regalas el deseo de verme feliz y plena. Me lo has dado todo, tengo todo de tu amistad, nada me falta, amigo.

Porque se que la vida te tiene el mejor lugar de la felicidad, recuerda: nunca dejaremos de perseguir nuestros sueños.

César y Rocío.

Nuestro amor ha sido uno de los más grandes y auténticos que han existido. Allí, fue donde conocimos nuestra esencia. Entonces el mundo no nos importaba, nos teníamos los tres y eso bastaba. Por esa Jornada que les compartí. Y que fue el instrumento para decirles que Dios existe. Y quien nos dio la oportunidad de reunirnos en el momento preciso.

Gracias desde mi alma.

Felipe

Tu me has enseñado que cuando uno se propone en la vida a ser feliz lo consigue, que la vida es para vivirla, que uno debe luchar por lo que cree y quiere, que se puede soñar aún teniendo un pasado. Que la vida cobra los errores, pero que estos pueden enmendarse no lastimando a los otros y que siempre existirá un ser lleno de luz y de esperanza que nos amará como somos.

Te admiro por tu inteligencia, tu fortaleza de espíritu a pesar de la adversidad: por enseñarle a Laura que la felicidad es una decisión y actitud ante la vida; por saber amar a los tuyos; por ser noble; por escucharme y por entender mi lado femenino; por estar en los momentos de filosofía; por hacerme reír; por enseñarme que la vida es para estar contentos, que podemos construir un proyecto de vida y que sólo por hoy seremos felices, y así todos los días como si fuera el último; por tu entrega, amor, ternura y cariño; por ser un ser humano extraordinario; por proponerte como yo a conseguir todos tus sueños, por tomar la decisión de un día buscarme y por tener la osadía de encontrarme y por llevar ese niño dentro del corazón; por enseñarme el valor del trabajo y por amarme y aceptarme como soy.

Gracias mi vida..

César.

Mi amistad contigo a lo largo de diez años, fue una de la más significativas de mi vida. Yo no sabría utilizar la palabra correcta para describir si es que necesita una descripción lo que fue. Lo cierto es que tuve un tiempo muy corto, pero el suficiente para aprender el inmenso amor que se puede sentir por un amigo y como puede convertirse la amistad, en una filosofía de la vida.

Compartiste conmigo mirar el cielo de Tehuacán y conocer a seres humanos tan incomparables como Doña Simona y Don Nicolás. Te doy las gracias por permitirme acompañarte a tus salidas de campo y experimentar las jornadas interminables de trabajo, fue allí donde ensayé la paciencia y aprendí que los insultos se podrían convertir en el camino de la compasión. Aprendí a decir lo siento y a darme cuenta que entre los amigos, el orgullo no es más que un estorbo.

Tuve todo lo que podía haber aprendido de ti y de ese tiempo nada, absolutamente nada, me hizo más feliz que haber sido tu amiga.

... Para las mujeres que quiero.

La vida me ha regalado el privilegio de conocer a mujeres maravillosas de quienes he aprendido que la inteligencia, la entrega y la plenitud son una forma de vida. Gracias a ustedes los acontecimientos y las circunstancias de lo que me ha pasado, siempre han sido una posibilidad para aprender. Gracias por enseñarme ... Y saber que lo mejor que me pudo haber pasado en la vida, es haber nacido MUJER.

Adriana

Eres una mujer extraordinaria y una de las más inteligentes que he conocido, te aprendí que las mujeres tenemos el derecho de serlo, y que ese derecho significa elegir una maternidad cuando realmente se tiene la convicción. De ti supe el significado y la conciencia de pertenecer a un país que necesita de sus mujeres. Pero lo más valioso que me has dado ha sido tu confianza y tu cariño, y eso sólo te lo puedo agradecer con mi corazón amiga.

Alejandra Alvarado

A ti te debo mi convicción por enseñar a otros el valor de la ciencia. Gracias por darme la oportunidad de colaborar contigo como colegas. Gracias por tu confianza, apoyo y por todo lo que de ti he aprendido. Gracias por aceptarme como tu colaboradora, en el momento justo de mi vida. Gracias por reconocer mi trabajo y gracias por compartir conmigo todas las locuras para divulgar nuestra pasión, la Biología.

Lo que más admiro en ti es tu excelencia por hacer las cosas. Gracias a ti esta tesis ha llegado por fin a su culminación. Con todo mi respeto y admiración, Gracias.

Dra. Alma

Usted un día me dijo que existían dos clases de mujeres; aquellas que se la pasan lamentando sus fracasos y penas. Y las otras que se enfrentan a la vida. Sin duda alguna usted me enseñó que las primeras, terminan su vida lamentando no haber tomado la decisión en el momento preciso. Y las segundas, siempre estarán dispuestas a tomar la vida con inteligencia y coraje.

Gracias por asumirme en el segundo grupo de mujeres, que como usted han logrado hacer de la ciencia una manera de vivir la vida.

Ana Irene

Nunca olvidaré aquel día que me dijiste que con la pareja se comparte la vida. De ti he aprendido que los grados no sirven para tener el alma en paz. Y que el trabajo que se hace cuando se le ama, es un placer.

Cristina

Abuelita Cristina, gracias por ser el ejemplo de la mujer que lucha siempre sin ningún momento descansar. Abuelita tu me has enseñado el verdadero amor a Dios. Tu eres el ejemplo de que el perdón alivia el alma.

Gracias, tu nieta la más loca de todas.

Dolores

Contigo entendí que sólo el día de hoy tengo para ser feliz. Me enseñaste que si uno quiere puede cambiar. Y gracias a ti, supe que las respuestas no llegarían sin haber entendido las preguntas. Porque se que los milagros no existen, si no es Dios quien nos da las oportunidades, lo demás... depende de nosotros.

Se que volverás y también se que posiblemente no me recuerdes, pero eso ahora ya no importa. Te quiero.

Ivonne

Sólo quiero que sepas que eres una mujer admirable y que tienes un gran corazón de pollo. Tu me enseñaste que las mujeres no necesitan un hijo para amarlo con toda el alma. Gracias por todo tu apoyo y por todo lo que me has enseñado. Gracias por todo tu amor.

Tía Lety

Quiero agradecer todo tu cariño, y todos los momentos de felicidad cuando niña.

Ahora que soy una mujer quiero que sepas que te admiro. Y que los grados académicos no son necesarios para ser una extraordinaria mujer y padre y madre al mismo tiempo. Sólo te falta tomar la decisión de ser feliz.

Gracias por estar siempre conmigo.

Lucila

Tu grandeza es de tu cabeza al cielo. Contigo me siento grande en toda la extensión de la palabra. Por tu apoyo en mis sueños de ser divulgadora y por ser la única que me tendió la mano al llegar a mi segunda casa, UNIVERSUM. Pero gracias sobre todo por quitarme la venda de los ojos, con tanto cuidado, diciendo exactamente lo que tu corazón sabía. Tu serás siempre parte de la mujer que soy ahora. Tu me ayudaste a curar las heridas que más duelen, las del alma.

Lulú

Gracias por esos años en el Ajusco. De ti supe que la vida no termina cuando se cree que todo se ha logrado. De ti supe que a los sentimientos se aprenden y se llaman por su nombre. De ti supe que la vida puede comenzar hoy.

Mariana

De ti he aprendido que las mujeres inteligentes pueden desarrollarse en todos los aspectos de su vida; que la maternidad es una vocación que se lleva en el alma y que la amistad es algo que se vive y se disfruta en todo momento de la vida. Tu me has enseñado que una pareja es un complemento y que de ella no depende la felicidad. Gracias por regalarme tu amistad. Mariana gracias por creer en mí..

Con todo mi cariño, Gracias

Maestra Martina Cruz Galindo.

Por ser la primera mujer que me enseñara que la excelencia académica es una forma de ser. Gracias a su inteligencia y sabiduría para enseñar, aprendí que en esta vida las cosas que realmente valen la pena no cuestan más que esfuerzos... A usted le debo mi convicción por la docencia y el amor y la pasión que significa enseñar.

Ma. Esther

De ti sólo puedo decirte desde lo más profundo de mi alma, gracias... Y tu sabes exactamente porque.

... Gracias por estar en el momento justo de mi vida, gracias por ser no sólo mi directora de tesis, sino mi amiga.

Dios te bendiga.

Martita

Gracias por ser una mujer trabajadora y tan llena de buenas intenciones, por ser el ángel que Dios me puso en el camino. Por ser mi hombro para llorar y por ser quien sabe escuchar en los momentos más agobiantes del trabajo, en ese hermoso museo. Gracias.

Miriam.

Loquita querida, Gracias por todo lo aprendido, por tu apoyo en los momentos más significativos de mi vida, Por ser parte de mi. Siempre, pase lo que pase estarás en mi corazón. Y gracias por todos los momentos compartidos en los años de juventud, gracias por ser una ardilla real.

Tía Naty

La admiro por ser una mujer que pese a la adversidad, siempre ha sabido luchar por los que ama, aunque algunas veces se ha olvidado de usted. Nos ha dado tanto, nos ha enseñado el camino de la excelencia, de la fe y de no permitir que la mediocridad entrara en nuestros corazones.

Nunca olvidaré todo lo que ha hecho por mantener a esta familia Aguilera unida. Con todo mi cariño y admiración.

Osiris

Te agradezco por ser un remanso de paz, por tu comprensión y por ser una magnífica persona. Por saber decir la palabra correcta en los momentos en que el alma llora. Por ser una maravillosa mujer.

Penélope

Soy una mujer muy afortunada por tenerte como prima y por ser una de mis mejores amigas. Gracias por todo lo compartido, por todo lo aprendido, por formar parte de mí, por todos los momentos y por estar siempre en el momento justo. Tu corazón me ha cobijado en los momentos más tristes de mi vida y has estado en los más maravillosos. Por todos los momentos desde niñas y todos nuestros sueños y los intereses en común. Por desmenuzar la vida y por preguntarnos lo que no tiene respuesta. Por soñar con el amor. Por compartir la ciencia, el arte, al música y las noches en Florencia, las tardes y helados de Roma, el cansancio y la lluvia de España. La soledad y el cariño en Londres y las risas locas en París.

Gracias por ser cómplice de estos 29 años de vida. Y gracias por ser parte de uno de mis más grandes sueños, nuestro viaje en ese otoño del 99..

Te ama tu prima.

Rosario

Tu fuiste una de las primeras mujeres que me conoció y quien nunca dudo de mí, de mi capacidad y de fortaleza. Te admiro por ser la mujer que eres, por ser madre de Alfonso y Rosario y por ser el ejemplo de lo que una madre puede hacer por sus hijos. Como profesional me has enseñado a tomar la vida con gusto y me has enseñado el valor de la fe. Como mujer eres más grande aún. Dios te mire siempre a ti y a los tuyos. Con todo mi cariño, Patricia.

Ruth

En todo este tiempo me he dado cuenta que las mujeres como tu, son las amigas que se encuentran en los momentos en que la sabiduría llega. Gracias por ser sabia, por estar conmigo, por darme la oportunidad de aprender de ti y por existir... Mi admiración para ti.

Tía Tey

Siempre he sabido que eres una mujer excepcional y eso lo transmites. Tu me diste una lección de amor cuando decidiste que Arturo se convirtiera en un hombre de bien y tu mayor orgullo. Siempre has sido una gran tía. Gracias por todo el apoyo y por todo tu cariño.

A mis compañeros de Laboratorio de Ecofisiología de la Germinación. Gracias por todo el apoyo, durante estos seis años en el Instituto de Ecología.

Gracias: : Alfredo, América, Ana Irene, Angélica, Haina, Lorena, Leo, Lupita, Lulú, María Esther, Mariana, Mario, Maritza, Nayeli, Neli,, Norberto, Polo, Renato, Rogelio, Susana, Tere, y Vinisa.

Al Laboratorio de Dinámica de Poblaciones e Historias de Vida, del Instituto de Ecología , por recibirme y hacerme parte de su grupo. Pero más aún por aceptarme como soy y darme un lugar en su corazón, como Patricia Aguilera. Gracias: Adriana, Alejandra, Angeles. Celia, César, Derik , Dolores, Lalo, Ruben, y Ruth.

Y al Dr. Miguel Franco por todo el apoyo y el afecto mostrado siempre y en todo momento.

Quiero agradecer a los "mega" del Museo de la Luz todo lo que me han enseñado. Claudio, Edgar, Sra. Esther, Isaías, Julio, Paty, Pilar y Wenceslao. Pero sigo pensando que ese maravilloso lugar lo es, porque forman parte de él tres mujeres de una sola pieza.

Pilar Contreras, Patricia Morales y Doña Esther.

Pilar

Tu fuiste de quien yo aprendí que la divulgación es una forma de vida.

... Que la pasión, la entrega, el compromiso y la inteligencia son valores y sentimientos que deben tenerse a flor de piel, para transmitir lo que tu transmites con el corazón, amor por lo que se hace.

Gracias por el privilegio y oportunidad de ser la hija putativa del Museo de la Luz, por ser parte de tu grupo y por dejarme amar a tu museo. Se que en algún momento no lejano se me hará realidad el sueño de trabajar contigo en ese museo que considero ya parte de mi vida.

Gracias por toda la confianza y por todo el apoyo para un nuevo compromiso que comenzará en mi vida, y que se llama "Leicester."

Paty

Mi gurú de Museo de la Luz. Ahora se que tenía que suceder así, y si el dolor tenía que estar para saberte mi amiga, lo acepto. De ti aprendí que la vida se vive intensamente y que uno debe estar muy consciente de los riesgos que eso significa. Quiero decirte que eres una de las mujeres más inteligentes que he conocido, tu eres la mejor prueba que la inteligencia se demuestra en la vida. Mi admiración, respeto y cariño son para ti. Gracias por escuchar a mi alma. Gracias por tener la luz, que me preparó para que llegara el hombre de mi vida a mi corazón.

Te quiero para siempre bien.

Isaías

Debo decirte que de ti agradezco haber conocido a la gente del Museo de la Luz..

De ti aprendí que el miedo es el enemigo más grande del ser humano, que paraliza el corazón y que puede convertirnos en marionetas de nosotros mismos.

Que la gente puede lastimar con el silencio....De ti aprendí que la mediocridad es una lastre para ser feliz... De ti comprobé que " Quien ha mirado cumbres no puede conformarse con llanuras ".

Por ti conocí a Roberto Sayavedra, y sólo por ese hecho, todo el pasado quedó atrás.

ÍNDICE

IZT.

AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Particulares.....	6
ANTECEDENTES	7
Características del enfoque fisiológico en el estudio de las plantas.....	7
La reproducción en las plantas.....	8
La reproducción por semillas.....	8
Producción por semillas.....	9
Dispersión.....	10
Latencia.....	10
Germinación.....	12
Banco de Semillas.....	13
Endurecimiento " priming ".....	16
Establecimiento de Plántulas.....	17
Crecimiento vegetal.....	17
MATERIAL Y MÉTODOS	19

Descripción y localización de la zona de Estudio	19
Descripción de la especie	20
Pretratamientos de endurecimiento	23
Germinación	24
Evaluación.....	25
Crecimiento inicial de las plántulas provenientes de los	
pretratamientos	26
Evaluación.....	26
Crecimiento	26
Crecimiento de las Plántulas en Casa de Sombra y en Condiciones	
Naturales.....	26
Crecimiento en Condiciones Controladas en Casa de Sombra.....	27
Experimento de Crecimiento en el Campo.....	28
Evaluación.....	28
 RESULTADOS	 31
Germinación	31
Capacidad Germinativa.....	31
Tasas de Germinación.....	31
Crecimiento Inicial de las Plántulas recién germinadas	33
Peso Seco total.....	33
Longitud de las Plántulas.....	33
Área Foliar.....	36
Crecimiento en Condiciones Controladas (Casa de Sombra)	36
Tasa Relativa de Crecimiento.....	36
Proporción de Área Foliar.....	37
Tasa de Asimilación Neta.....	37
Área Foliar Específica.....	37
Índice de Peso Foliar.....	39
Relación Raiz:Vástago.....	39
Crecimiento en condiciones Naturales	39

Tasa Relativa de Crecimiento.....	39
Proporción de Área Foliar.....	41
Tasa de Asimilación Neta.....	41
Área Foliar Específica.....	41
Índice de Peso Foliar.....	41
Relación Raiz:Vástago.....	43
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	56
FIGURAS	
FIGURA 1.....	14
FIGURA 2.....	21
FIGURA 3.....	32
FIGURA 4.....	34
FIGURA 5.....	35
FIGURA 6a.....	38
FIGURA 6b.....	38
FIGURA 6c.....	38
FIGURA 6d.....	40
FIGURA 6e.....	40
FIGURA 6f.....	40
FIGURA 7a.....	42
FIGURA 7b.....	42
FIGURA 7c.....	42
FIGURA 7d.....	44
FIGURA 7e.....	44
FIGURA 7f.....	44

RESUMEN

Se valoró el efecto del endurecimiento de semillas de *Buddleja cordata* en el vigor de las plántulas recién emergidas en cámaras de germinación, a 25 °C, y durante 5 meses en el crecimiento de plántulas con diferentes regímenes de riego en casa de sombra; así como en plántulas crecidas en condiciones naturales en el Ajusco medio, D. F., dentro del bosque y en un claro. Los métodos de endurecimiento ensayados fueron: osmopriming (imbibición en soluciones de Polyetyleneglycol (PEG 15%) a dos temperaturas 15°C y 5°C, hidropriming (a dos temperaturas 5°C y 15°C); así como el enterramiento, durante 4 meses, en el suelo del Ajusco. El vigor inicial (peso seco, área foliar y longitud total) fue menor en las plántulas sin pretratamiento. El crecimiento, evaluado como: tasa relativa de crecimiento, proporción de área foliar, tasa de asimilación neta, área foliar específica, peso foliar específico y relación raíz vástago, fue favorecido en la casa de sombra, por la frecuencia del riego, y en el campo por la disponibilidad de luz. En casa de sombra, el enterramiento favoreció la tasa de asimilación neta, y en condiciones naturales incrementó la tasa relativa de crecimiento. Se concluye que el endurecimiento inducido en el laboratorio, en las semillas de especies silvestres favorecería su establecimiento temprano. Las semillas que se entierran después de ser dispersadas, presentan un efecto similar al endurecimiento, pero sus ventajas sobre el crecimiento, en condiciones naturales, se sostienen únicamente en las etapas muy tempranas del establecimiento, posteriormente la capacidad de aclimatación de la especie determinará su distribución

INTRODUCCIÓN

Ante la problemática actual de deforestación que enfrentan países como México, se ha hecho necesario implementar programas eficaces para la restauración de diversos ecosistemas, enfocándose en aquellos en los que se concentra la mayor biodiversidad y donde la degradación de los suelos es muy alta (Barrera-Bassols, 1992). Por este motivo se ha hecho indispensable identificar los factores ambientales que afectan el desarrollo de las especies vegetales desde el estadio de semilla hasta su establecimiento y su desarrollo como adultos.

Es precisamente en el lapso de los estadios tempranos en que los factores ambientales resultan cruciales para el desarrollo de una planta, por lo que resulta preponderante su identificación y medición, así como la de los requerimientos necesarios de éstas; tratando de encontrar una relación con los procesos vegetales que pudieran permitirles tolerar condiciones ambientales y microambientales desfavorables, y aplicar procesos que permitan mejorar aspectos como la velocidad de la germinación, crecimiento, producción de follaje, calidad de frutos, etcétera (Currah, 1978).

Por lo anterior, se ha hecho necesaria la caracterización de dichos procesos en los organismos vegetales, mismos que se han retomado para ser seleccionados en campañas de restauración, mejoramiento de suelos degradados y reforestación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Cabe señalar que lo anterior no siempre se ha llevado a la práctica, debido a la falta de tradición en la investigación biológica, ecológica y taxonómica básica en muchas regiones del mundo (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997), lo que conlleva a la aplicación de prácticas conocidas y/o tradicionales que carecen de bases ecológicas sólidas.

Las plantas se regeneran de forma natural a partir de tres tipos de estructuras: 1) embriones de semillas, ya sean estas recién dispersadas o latentes en el suelo; 2) rebrotes de la raíz o del tallo de individuos sanos o dañados o 3) por medio de estructuras de reproducción vegetativa, como los meristemas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997), siendo las semillas forma de reproducción muy importante por las ventajas que representa la reproducción sexual.

En este trabajo centraremos nuestra atención en ellas por ser éstas el principal vector de las plantas superiores para el almacenamiento de germoplasma, y eventos como la dispersión, la recolección y la colonización de otros sistemas (Breese, 1989). Con la ventaja de que en ellas se preserva la variabilidad genética resultado de la reproducción sexual, además de que desempeñan una función primordial en la regeneración de bosques y en la sucesión ecológica. Aunque esto último también depende, entre otros factores, de la variabilidad microclimática (Barradas, 2000).

Un ejemplo notable de este último punto es el caso de los sistemas que presentan una marcada estacionalidad climática, como El Parque Ecológico de la Ciudad de México, D. F., donde las temporadas de lluvia y sequía pueden influir en la dinámica del banco de semillas (Bonfil *et al.*, 1997). El banco de semillas está formado por semillas viables, ya sea enterradas, depositadas sobre la superficie o mezcladas en la capa de hojarasca y humus (Murray, 1986), por lo que permanecen en el suelo de forma latente, ya sea por factores fisiológicos innatos y/o por las condiciones ambientales y microambientales específicas de cada sistema (Murray, 1986).

Vázquez-Yanes *et al.* (1997), mencionan que cuando las semillas han llegado al suelo pueden tener tres caminos diferentes: 1) la germinación inmediata, 2) un periodo de latencia, que permanece hasta que las condiciones ambientales sean

favorables para que ésta se rompa y se lleve a cabo la germinación y 3) la muerte por degeneración natural y/o depredación.

Es precisamente entre el camino 1 y 2 que posiblemente ocurra en la semilla lo que Heydecker (1973) nombró como endurecimiento o "priming".

El describe a este proceso de endurecimiento como un método por medio del cual es posible controlar los niveles de hidratación en las semillas, de manera suficiente sólo para permitir que se lleven a cabo los procesos metabólicos pregerminativos, pero de manera insuficiente para que la radícula emerja. El resultado de este método (tratamiento) pregerminativo, es que confiere a las semillas ventajas en diversos aspectos, como el mejoramiento de su vigor, reducción en el tiempo de emergencia de la radícula, una germinación más homogénea y rápida, además de que sus ventajas se extienden al estadio de plántula, aumentando su vigor aún bajo condiciones de estrés ambiental (Parera y Cantliffe, 1996) así como la resistencia de éstas a la desecación y a las altas temperaturas (Karseen *et al.*, 1990), y por lo tanto se favorece un establecimiento más exitoso y uniforme.

Los resultados de este pretratamiento se han comprobado en especies cultivadas como la cebolla, tomate, zanahoria, apio, girasol, etc (Alvarado y Bradford, 1988; Brocklehurst y Dearman, 1983; Chojnowski *et al.*, 1997; Dearman *et al.*, 1987; Yamamoto *et al.*, 1997), pero existen muy pocos estudios con especies silvestres, entre los que se pueden citar los realizados por Thannos y Skhordilis (1987) y Yamamoto *et al.* (1997). Y los realizados con *Wigandia urens* y *Buddleja cordata* en estudios de enterramiento, "osmopriming" e "hidropriming". Sin embargo los trabajos resultados de "priming" en el laboratorio son diferentes a los resultados realizados por enterramiento. (González Zertuche. *et al.* 2001 y 2002). En este caso se consideraron las condiciones de oscuridad e inmersión que las semillas experimentan durante el enterramiento en el diseño de los pretratamientos de "osmopriming" e "hidropriming".

La inquietud de este trabajo fue intentar inducir el endurecimiento en las semillas de una especie silvestre, *Buddleja cordata*, y probar los resultados de este método en las etapas tempranas de su ciclo de vida, a través de un estudio

experimental realizado desde un enfoque ecofisiológico. Esta especie es representativa de zonas templadas, y podría ser utilizada exitosamente en programas de reforestación, puesto que presenta ventajas ecofisiológicas óptimas para la restauración ecológica (Vázquez-Yanes y Batis, 1996).

OBJETIVOS

Objetivo General

6

Conocer si las semillas de *Buddleja cordata* tienen una respuesta a los tratamientos de endurecimiento realizados en el laboratorio y en el campo.

Objetivos Particulares

- 1.- Comprobar si los métodos de osmopriming e hidropriming aplicados en el laboratorio, producen efecto de endurecimiento en las semillas de *Buddleja cordata* del Ajusco Medio.
- 2.- Comprobar si durante el enterramiento de las semillas de *Buddleja cordata* las condiciones naturales producen un efecto de endurecimiento semejante al que se obtiene con los métodos inducidos en laboratorio.
- 3.- Explorar en que aspectos de la respuesta germinativa se expresan los efectos del endurecimiento.
- 4.- Conocer si los efectos del endurecimiento persisten en la etapa de plántula y se expresan en su crecimiento en diferentes condiciones ambientales.

ANTECEDENTES

Características del enfoque ecofisiológico en el estudio de las plantas

Desde los inicios de la ecología como rama de la biología, los ecólogos dedicados al estudio de la vegetación del planeta han enfocado a la ecología desde tres perspectivas diferentes. La primera de ellas es la "sinecología", donde el objetivo principal es asignar a las plantas un lugar como miembros de una comunidad vegetal. En la segunda denominada "poblacional", la importancia radica en el flujo numérico de los individuos en las diferentes etapas de su desarrollo y los factores externos que los afectan; y la última es la "autoecología" en la que se trata de relacionar el funcionamiento y las interacciones de los individuos en su hábitat (Vázquez-Yanes, 1992), lo que permitiría identificar, describir y cuantificar las respuestas de las especies vegetales a condiciones ambientales diversas y así, explicar su distribución dentro de las comunidades. Este último enfoque es lo que Margalef (1973) nombraría "fisiología de campo" y que más adelante Nobel (1974) llamaría de una manera más familiar la "ecofisiología de las plantas". Por lo tanto, el enfoque ecofisiológico intenta buscar los factores causales de esa distribución (Vázquez-Yanes, 1992).

Según Chabot y Mooney (1985) son tres los principales objetivos de los estudios ecofisiológicos: 1) Comprender las causas de la distribución geográfica de los organismos vegetales, tomando como base el estudio de la adecuación de los diferentes procesos fisiológicos al ambiente; 2) Definir los rangos de la tolerancia al estrés ambiental de los diferentes taxa; y 3) Conocer el papel que juegan las comunidades vegetales ante un medio que está en un cambio constante (, 1994; Medina, 1977).

La reproducción en las plantas

Los mecanismos de la reproducción en las plantas, ya sean sexuales o asexuales tienen repercusión en la variabilidad genética. En la meiosis durante la reproducción sexual, la información genética que se traduce a los descendientes se reduce a la mitad, formando células haploides que darán lugar a gametos femeninos y masculinos, que más tarde serán los responsables de la reproducción sexual. y es sólo cuando ocurre la fecundación, que ambos gametos se unen para dar origen a un organismo, el cual contendrá la mitad de la información genética de cada una de las células progenitoras.

Los conos de las gimnospermas y las flores de las angiospermas son las estructuras donde a través de la fecundación, se recombina el genoma, dando lugar a la formación de un embrión con variabilidad en su acervo genético. En las plantas, el resultado del desarrollo del óvulo fecundado es la semilla.

La reproducción por semillas

La semilla es el principal órgano de reproducción sexual de la mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Su función principal es la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones vegetales, así como la regeneración de las comunidades, lo que forma parte importante del proceso de sucesión ecológica (Murray, 1986). Estructuralmente se componen *grosomodo* del embrión, reservas

nutritivas (endospermo) y una capa de protección llamada testa (Bewley y Black, 1985).

Producción de semillas

Puede ser de manera continua o periódica a lo largo del año (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). El período de fructificación puede variar entre localidades, incluso dentro de ellas, dependiendo de la disponibilidad de recursos para la reproducción (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). En comunidades donde el clima es homogéneo y poco estacional las poblaciones presentan periodos de fructificación masiva en tiempos determinados seguidas por años de baja o inclusive nula producción de frutos. En cambio, en sistemas estacionales como es el caso del Parque Ecológico de la Ciudad de México, existen periodos bien definidos de fructificación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Estos comportamientos fenológicos son regulados tanto fisiológicamente como por las presiones ambientales abióticas y bióticas. Un factor abiótico importante es la disponibilidad de los recursos, que en la mayoría de los casos se encuentra relacionada con la estacionalidad, como ocurre en el Parque Ecológico de la Ciudad de México, donde la disponibilidad de agua determina que se lleve a cabo la floración y fructificación, así como el establecimiento de las temperaturas idóneas para la presencia de polinizadores. Por otro lado, entre los factores bióticos, se encuentra la competencia por polinizadores y dispersores (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

La relación entre los factores abióticos y bióticos determina en gran medida el espectro de tamaños y formas que tienen las semillas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las semillas varían en tamaño y forma dependiendo de su origen, nivel de maduración, grado de depredación y parasitismo (Vázquez-Yanes y Toledo, 1989).

Dispersión

Al mecanismo de transportar semillas o frutos lejos de la planta progenitora se le llama dispersión. La dispersión puede ocurrir por varias vías que pueden ser bióticas o abióticas y ambas están relacionadas con características propias de las semillas. La primera la realizan los animales y el hombre, y se relaciona con propiedades adhesivas, presencia de ganchillos, colores llamativos, olores atractivos para los depredadores y con sus propiedades nutricionales (Chambers y McMahon, 1994; González, 1995). Entre las abióticas está la gravedad, el viento y el agua, que interactúan con modificaciones anatómicas externas de la testa en forma de apéndices plumosos, alas y vectores mecánicos como fuerzas balísticas (Chambers y McMahon, 1994).

La dispersión se lleva a cabo en dos fases (Chambers y MacMahon, 1994) ; en la Fase I, se involucran mecanismos que están regulados por los vectores de la dispersión que se llevan a cabo para transportar a las semillas lejos de la planta progenitora. Inmediatamente comienza la Fase II, en la que después de haberse incorporado la semilla al suelo, es sometida a movimientos horizontales y verticales, los que probablemente determinan su distribución espacial en sitios específicos. En el sentido vertical, se conjunta una serie de factores como el tamaño de las partículas del suelo, textura, cantidad de material coloide, así como la energía de las moléculas de agua, que influirán en la profundidad de enterramiento de las semillas en el suelo.

Latencia

Para que la germinación se lleve a cabo, es necesario que las semillas arriben a sitios que otorguen características micro ambientales óptimas, tales como la humedad necesaria para la imbibición de las semillas, las temperaturas adecuadas, la calidad y cantidad de luz óptima, presencia de nutrimentos, estímulos químicos y bioquímicos, así como seguridad para encontrarse a salvo de depredadores y de

inundaciones en la época de lluvias (Fowler, 1988); es decir, encontrar lo que se denomina "sitio seguro" (Fowler, 1998; Harper, 1977). Si la semilla no recibe las señales fisiológicas, químicas y ambientales para el inicio de la germinación, permanecerá latente en el suelo (Leck *et al.*, 1989).

La latencia es un estado de reposo o reducción del metabolismo que presentan las semillas a pesar de encontrarse en condiciones de temperatura y humedad óptimas para que ocurra la germinación (Baskin y Baskin, 1998). La latencia puede ocurrir debido a factores de tipo externo como la presencia de inhibidores químicos y/o por factores intrínsecos a la semilla, como la inmadurez del embrión o la presencia de una testa impermeable al oxígeno y/o al agua (Allen y Meyer 1998).

11

La latencia se encuentra regulada por factores hereditarios que determinan los mecanismos fisiológicos endógenos de las plantas, los cuales interactúan con los factores ambientales donde las plantas crecen. (Baskin y Baskin, 1989).

Desde el punto de vista ecológico, la latencia es un mecanismo que favorece que la germinación ocurra cuando existen altas probabilidades de que las plántulas resultantes se establezcan y crezcan (Begon *et al.*, 1988; Bewley 1997; Harper, 1977), y son las variaciones climáticas, así como las condiciones hormonales y de nutrimentos de la progenitora, las que tendrán una gran influencia en el establecimiento de la latencia en el desarrollo de las semillas. De acuerdo con el comportamiento fisiológico en condiciones naturales se han caracterizado tres tipos de latencia (Allen y Mayer, 1998; Bewley y Black, 1985).

Latencia Innata o Primaria. También llamada endógena. En ésta se observa desarrollo incompleto o inmadurez del embrión. Se puede observar en la semilla la presencia de inhibidores químicos o un desbalance hormonal, también puede deberse a la presencia de inhibidores en el endospermo que no permiten un desarrollo inicial en el embrión.

Latencia Inducida o Secundaria. Ésta se produce después de que la semilla se ha separado de la planta progenitora cuando las semillas están en condiciones fisiológicas para germinar. Se debe a condiciones externas, donde las semillas se

encuentran en un medio que presenta alguna característica desfavorable para la germinación, como poco oxígeno y altas concentraciones de CO₂, o temperaturas altas. Este tipo de latencia se rompe una vez que las condiciones necesarias para la germinación se establecen.

Latencia impuesta (exógena, ambiental u obligada). En este caso, la germinación se encuentra detenida por requerimientos más específicos dependiendo de la especie, como la temperatura, calidad espectral de la luz u otro factor. Por lo tanto esta latencia se encuentra regulada por las condiciones físicas ambientales que rodean a la semilla.

Germinación

La germinación es el resultado de una serie de acontecimientos bioquímicos y celulares que comienzan con el proceso de imbibición de la semilla y desencadenan en el alargamiento y emergencia de la radícula (Salisbury y Ross, 1994). Este proceso se compone de tres etapas (Bewley, 1997; Bradford, 1995; Vázquez Yanes *et al.*, 1997): 1) imbibición; 2) síntesis de proteínas y 3) emergencia de la radícula. (Figura 1).

La Etapa 1 de la germinación comienza cuando las moléculas de agua entran a la semilla mediante absorción pasiva. La semilla aumenta su potencial de agua lo que ocasiona su hinchamiento o expansión, rompiendo la testa y aumentando la permeabilidad al oxígeno.

Etapa 2. Comienza la división celular y, por la activación enzimática, aumento del metabolismo respiratorio en la semilla y la translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las estructuras de crecimiento del embrión. Estas reservas almacenadas en el endospermo y los cotiledones de las semillas son movilizadas por enzimas hidrolíticas. Se lleva a cabo la síntesis de proteínas en la membrana del retículo endoplásmico.

Lo anterior comienza a las pocas horas de haberse iniciado la síntesis de nuevos ARNm, las proteínas que se sintetizan a partir de éstos llevan en su memoria los

mensajes que codifican la información para comenzar con la diferenciación celular (Bewley y Black, 1985; Datta *et al.*, 1987; Lalonde y Bewley, 1986).

Etapa 3. En ésta ha ocurrido la división celular, por lo tanto se lleva a cabo la emergencia tanto de la radícula como de la plúmula, la síntesis de ADN y de las reservas alimenticias. Es hasta que ocurre la emergencia de la radícula cuando se asegura una germinación exitosa (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Banco de Semillas

Después de la dispersión existe una gran reserva de semillas viables y/o latentes en el suelo y que en su conjunto forman un banco de semillas, donde pueden permanecer enterradas por algún tiempo.

Carlos Darwin (1859 en Fenner 1995) fue uno de los pioneros en realizar experimentos para demostrar la existencia del banco de semillas, pero no es hasta que Putensen (1882 en Fenner, 1995) da a conocer los primeros resultados referentes a la densidad de las semillas a diferentes profundidades del suelo; y diez años más tarde (Peter, 1893 en Fenner, 1995) observó en el suelo de algunos bosques aspectos relacionados con la longevidad de las mismas.

Pero aún a pesar de que estaba demostrada la importancia del banco de semillas, es hasta el año de 1970 cuando se retoma esta línea de investigación (Thompson y Grime, 1979), caracterizando las condiciones que rodean un banco de semillas en el suelo: número de semillas que se puede encontrar; porcentaje de viabilidad y bajo que condiciones, cuáles especies tienen mayor persistencia a lo largo del tiempo, cómo es la dinámica dentro de las poblaciones y dentro de las mismas especies y cual es su significado ecológico (Fenner, 1995).

A pesar de lo reciente de la investigación del banco de semillas, si se ha reconocido la importancia de éste en las poblaciones vegetales, en el reclutamiento de las semillas y plántulas, en la demografía de plantas y en la preservación de especies endémicas (Baker, 1989). En términos de genética de poblaciones, el banco

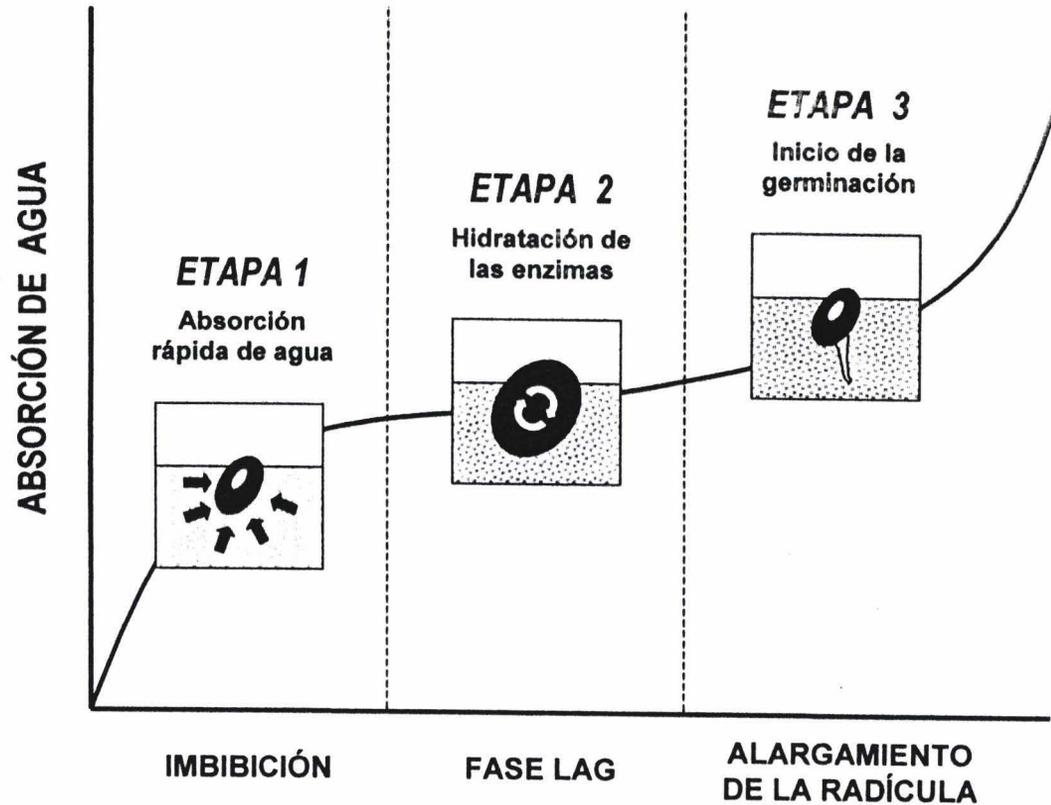


Figura 1. El Proceso de la Germinación ocurre en tres etapas. La primera comienza con la imbibición de la semilla (Etapa I), para después desencadenarse la síntesis de proteínas (Etapa II) hasta que se finaliza con el alargamiento y emergencia de la radícula, para dar lugar a la germinación (Etapa III).

de semillas podría actuar aportando la recarga genética para introducir nuevos genotipos en la población (Stewart y Porter, 1995).

Otro aspecto importante del conocimiento del banco de semillas es el que tiene que ver con cuestiones de conservación, ya que su estudio aporta información para la restauración de sistemas naturales (Van der Valk, 1989).

La composición del banco de semillas dentro de una comunidad consiste de una mezcla de semillas de especies diferentes, las cuales han sido clasificadas como transitorias y persistentes. Las semillas de especies transitorias, son aquellas que después de haber sido dispersadas permanecen en el suelo en condiciones viables en un lapso menor de 12 meses. Las persistentes esperan la oportunidad de que ocurran eventos como la perturbación para continuar con su ciclo de vida (Thompson y Grime, 1979). Los bancos de semillas de especies persistentes son más característicos de comunidades vegetales que han estado sujetas a disturbios como los causados por prácticas de cultivo intensivo, fuego o estrés hídrico donde las oportunidades de colonización son meramente aleatorias (Thompson y Grime, 1979).

Por otro lado, los estudios relacionados con el endurecimiento de las semillas, sobre todo aquellos realizados en el laboratorio, han aportado información que permite explicar los posibles mecanismos de expresión génica (González-Zertuche *et al.*, 2000). Ellos mencionan que dichos mecanismos probablemente han evolucionado de manera natural dentro de los bancos de semillas; esto debido a la aclimatación temprana que las semillas adquieren en el lugar donde se establecerán las plántulas.

Endurecimiento “ Priming “

En muchas ocasiones, una buena respuesta en las etapas tempranas del ciclo de vida como la germinación determina el éxito de las especies para colonizar distintos

ambientes (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997), por lo que se ha hecho necesario buscar y/o inducir características óptimas en las semillas, que permitan mejorar los procesos que ocurren durante la germinación, al aplicar técnicas como el endurecimiento (priming) (Davison y Bray, 1991; Fujikura y Karssen, 1992; Heydecker *et al.*, 1973).

Esta técnica actúa desde niveles bioquímicos, moleculares y fisiológicos, así como sobre mecanismos de reparación de ácidos nucleicos y síntesis de proteínas (Rao *et al.*, 1987); síntesis de ARNm y ADN; y replicación de ADN (Bray, 1995; Karssen *et al.*, 1990). Lo anterior puede ser aprovechado para mejorar los procesos que ocurren durante la germinación, con una optimización de esta respuesta, así como del vigor de las plántulas y de la resistencia de éstas a la desecación y a las temperaturas altas (Karssen *et al.*, 1990).

Bradford (1986) realizó experimentos de endurecimiento, siguiendo un método artificial, que se basa en el control de la hidratación de las semillas mediante un agente osmótico activo conocido como polyethylene glicol (PEG), el cual es descrito por Taylor *et al.* (1988) como una matriz sólida que permite capturar el agua que necesitan las semillas en el momento de la imbibición, por lo que esta sustancia regula los niveles de humedad interna de la semilla, evitando la elongación de la radícula y por lo tanto el inicio de la germinación.

La germinación de las semillas que se utilizan de manera comercial y que son previamente endurecidas con PEG es más rápida y uniforme que las que no han sido sometidas al pretratamiento de endurecimiento (Brocklehurst y Dearman, 1983). Otra ventaja es que pueden deshidratarse nuevamente hasta sus contenidos de humedad iniciales, previos al pretratamiento, sin perder los beneficios debidos al endurecimiento (Dearman *et al.*, 1987), lo que permite el almacenamiento de las semillas para su posterior utilización, con las ventajas pre y post germinativas ya mencionadas.

Otro método de endurecimiento en el laboratorio es el hidropriming, en el cual la germinación se inhibe controlando la temperatura de imbibición de las semillas (González-Zertuche *et al.*, 2000 y 2002).

También se ha propuesto que el enterramiento en condiciones naturales da como resultado el endurecimiento de las semillas de especies silvestres. González-Zertuche *et al.*, (2001) demostraron que durante el enterramiento de las semillas de *Wigandia urens* se expresó una síntesis de proteínas similar a la que ocurre en semillas endurecidas en el laboratorio en condiciones aerobias y expuestas a la luz.

Establecimiento de Plántulas

Una vez que la semilla tuvo la oportunidad de germinar, eventualmente comienza el establecimiento del nuevo individuo como plántula.

Kitajima, (1996) definió a las plántulas como las plantas que dependen para su crecimiento de las reservas de las semillas de donde se originan (Zagt y Werger 1998). Por otro lado, los niveles de mortalidad más altos en algunas poblaciones ocurren precisamente en este estadio, por lo tanto la etapa de plántula es la parte más vulnerable del ciclo de los organismos vegetales (ter Steege, 1993).

El establecimiento exitoso de las plántulas depende de las condiciones ambientales y micro ambientales en que la semillas germinan, ya que cada especie tiene requerimientos ambientales específicos (Krebs, 1985). En relación con el papel del endurecimiento en las primeras etapas del ciclo de vida, se ha demostrado que la emergencia de las plántulas provenientes de semillas enterradas se incrementa (González-Zertuche *et al.*, 2001).

Crecimiento Vegetal

Cuando las plántulas han logrado establecerse en algún sistema, pueden iniciar su crecimiento.

El crecimiento vegetal es el resultado del acervo genético del individuo en interacción con su ambiente. Es la respuesta integrada de los procesos metabólicos como la fotosíntesis, respiración, relaciones hídricas y asimilación de nutrimentos,

entre otras, expresada en la asignación de recursos hacia órganos involucrados en la adquisición de los mismos.

Uno de los retos más importantes que el país enfrenta en la actualidad, es la pronta recuperación de grandes extensiones de ecosistemas que a lo largo del tiempo se han destruido por falta de una planeación adecuada para la explotación de los recursos naturales (Vázquez-Yanez y Cervantes, 1993). En el presente trabajo se plantea que por medio del endurecimiento de semillas de especies silvestres, útiles para la restauración, se podrían mejorar sus respuestas germinativas y favorecer el establecimiento de sus plántulas en condiciones naturales.

MATERIAL y MÉTODOS

IZT.



Descripción y Localización de la Zona de Estudio

El Parque Ecológico de la Ciudad de México, está ubicado en el Ajusco Medio, D. F., en el km 6 de la carretera Picacho-Ajusco. Se localiza en los paralelos $19^{\circ} 10'$ y $19^{\circ} 20'$ de latitud Norte y $99^{\circ} 00'$ y $99^{\circ} 20'$ de longitud Oeste (Román-Ibarra, 2003). Al sur colinda con las faldas del volcán Xitle y al norte con diversos asentamientos humanos, abarcando una altitud entre los 2500 y los 2850 m.s.n.m. La zona tiene un clima templado subhúmedo, con una temperatura promedio de 15°C y una precipitación media anual de 1000 mm, que se concentra en los meses de mayo a octubre (Benítez, 1986). El parque fue declarado como zona sujeta a conservación ecológica en el año de 1989, después de haber sido parte de 727 hectáreas ocupadas por asentamientos humanos irregulares (Bonfil *et al.*, 1997).

19

Los suelos del Ajusco presentan variaciones en su color y textura, desde aquellos de color café y texturas livianas, derivados de andesitas, hasta los de color muy negro u oscuro que se originan a partir de cenizas volcánicas. En cuanto a su profundidad se pueden encontrar desde los muy someros, en donde la roca madre puede aflorar, hasta los muy profundos y ricos en materia orgánica como resultado de un proceso de desarrollo por miles de años (Benítez, 1986).

En el Parque Ecológico de la Ciudad de México existen diferentes niveles de perturbación antropogénica, lo que ha dado como resultado la formación de un mosaico de estados sucesionales donde es posible reconocer parches de vegetación (Bonfil *et al.*, 1997). Entre éstos se encuentra el bosque de encino localizado en zonas de suelo profundo, en la parte más alta del parque. También se identifica el matorral perturbado que se caracteriza por una vegetación secundaria baja, poco densa que se desarrolla sobre las partes menos expuestas de la roca volcánica. Entre estas asociaciones existe una vegetación de transición donde se mezclan especies herbáceas, arbustivas y encinos aislados.

El matorral xerófilo que se asienta en el malpaís es el resultado de la sucesión vegetal, como consecuencia del derramamiento de lava del Xitle. En él se pueden encontrar especies características de comunidades templadas, así como de otras adaptadas a condiciones de aridez relativa. Existe también un matorral dominado por *Sedum oxypetalum* establecido en una zona altamente perturbada.

Como consecuencia del establecimiento de asentamientos humanos que causaron una severa alteración del medio surgió el matorral perturbado, dónde se establecieron de manera inicial una gran cantidad de herbáceas indicadores de terrenos perturbados, así como plántulas de tepozán (*Buddleja cordata*), especie que ha llegado a ser un elemento arbóreo dominante.

Descripción de la Especie

Buddleja cordata. H. B. K. (Loganiaceae). Llamado "Tepozán", es un árbol o arbusto dioico de 1 a 4 m de altura (Rzedowsky, 1990). Tiene tallos y ramas tetragonales, densamente tomentosos cuando son jóvenes. Las hojas son grandes, de forma lanceolada y con pubescencia blanca en la parte inferior (Benítez, 1986).

Las inflorescencias son muy pequeñas, con la corola blanca arregladas en grupos densos. Florece de julio a octubre. Los frutos son cápsulas ovoides de 2.5 – 6 mm de largo por 1.5 – 4 mm de diámetro que contiene numerosas semillas de 0.05 mm de longitud en forma alada.. Fructifica de enero a febrero (Benítez, 1986) (Figura 2).

Su distribución, en nuestro país, se encuentra desde Tamaulipas hasta Oaxaca y Chiapas. Puede establecerse a alturas de 2800 m.s.n.m.

En el valle de México tiene una distribución amplia, desde la Cañada de Contreras, Desierto de los Leones, el Pedregal de San Angel, el Xitle, Texcoco, Cerro de Santa Catarina y cerros próximos.

Forma parte de la vegetación secundaria de pino y oyamel. Generalmente se encuentra en ambientes perturbados. Es una especie resistente a los cambios de clima. Se establece en una amplia variedad de hábitats, tales como pastizales, bosques xerofitos, bosques de niebla, matorrales, matorrales húmedos, bosques de pino y bordes costeros principalmente (Ruíz-Amaro, 1996).



Buddleja cordata H. B. K.
"Tepozán"

R. M. 3.

Su propagación se realiza por medio de estacas, aunque también se realiza por semillas (Bonfil *et al.*, 1997).

Una de las características más importantes de los "tepozanes", es que son árboles capaces de desarrollarse y sobrevivir en sitios con condiciones limitantes de suelo y humedad, además de tener un crecimiento rápido. Su hojarasca representa un aporte importante de materia orgánica al sistema en que se establecen (Bonfil *et al.*, 1997). Otra ventaja es que representan un recurso indispensable para una gran cantidad de insectos folívoros. También se ha demostrado que actúan como nodrizas para crear micrositios adecuados para el establecimiento de especies de etapas sucesionales más avanzadas como los encinos (Cabrera *et al.*, 1997)

Las semillas de *Buddleja cordata* se recolectaron en la época de fructificación, al final de la temporada seca, durante los meses de enero a marzo de 1997 en el "Parque Ecológico de la Ciudad de México. Se recolectaron semillas de más de 10 individuos, se tamizaron (con un tamiz del no.35 de una malla de apertura de 0.50 mm.) para eliminar los restos florales. Las semillas se almacenaron en frascos de vidrio, a temperatura ambiente (24 ± 2 ° C) y a HR de 40-50% en el laboratorio de Ecología Fisiológica del Instituto de Ecología, UNAM.

Para cubrir los objetivos planteados se diseñaron 3 tipos de experimentos durante las primeras etapas del ciclo de vida de *B. cordata*:

a) *Germinación de las semillas, en ambiente controlado con y sin pretratamiento por enterramiento, hidropriming y osmopriming.*

b) *Evaluación del crecimiento inicial de las plántulas provenientes de los tratamientos señalados en a.*

c) *Crecimiento en condiciones de campo y en condiciones controladas de las plántulas provenientes de semillas con y sin pretratamiento de enterramiento.*

Todos los experimentos de germinación tuvieron controles con semillas almacenadas en el laboratorio de Ecología Fisiológica, del Instituto de Ecología de la UNAM.

Pretratamientos de endurecimiento

Los pretratamientos de endurecimiento se realizaron de la siguiente forma:

1) Endurecimiento en laboratorio (hidropriming y osmopriming). Éstos se realizaron imbibiendo a las semillas en agua pura y en una solución al 15 % de PEG 8000, Baker, USA. Ambos tratamientos se realizaron en dos condiciones de temperatura

5° C y 15° C. Para mantener a las semillas a las temperaturas descritas se utilizó una cámara de crecimiento de ambiente controlado Biotronette 844 (Lab-line Instruments, Inc. Melrose Park, ILL, USA) a 15° C, y un refrigerador convencional (Supermatic) a 5° C, durante un periodo de 48 horas.

El potencial osmótico se midió con un microvoltímetro Dew Point HR-33TS en una cámara C52 (Wescor, Inc., Logan, Utah, USA), para la solución a 15° C fue de -3.31 Mpa y para 5° C de -9.0 MPa. (Burlyn, 1983).

La imbibición de las semillas se realizó introduciéndolas en bolsas de tela de organza. Se sujetaron de un hilo y se sumergieron en las soluciones dentro de matraces de vidrio de 250 ml cubiertos con papel aluminio, durante 7 días. Después de este tiempo se sacaron (las bolsas que contenían las semillas) de los matraces, y se dejaron en una charola a deshidratar a temperatura ambiente durante 24 horas.

24

2) Endurecimiento natural por enterramiento. Se realizó colocando las semillas en bolsas de tela de organza de 4 x 6 cm. Se enterraron en abril de 1997 por un lapso de 120 días a una profundidad de 3 cm., en un sitio elegido al azar dentro del bosque del Parque Ecológico de la Ciudad de México, este periodo cubrió una parte de la temporada de sequía y el inicio de la temporada de lluvias de 1997.

Germinación

El experimento de germinación se realizó con tres tipos de semillas. Las semillas pretratadas con enterramiento, semillas con "hidropriming", "osmopriming" y semillas almacenadas en el laboratorio. El diseño experimental se realizó de la siguiente manera:

De las poblaciones de los tres tipos de semillas se eligió una muestra aleatoria. Se sembraron por caja de petri 50 semillas sobre agar bacteriológico al 1%. Se hicieron 10 repeticiones por tratamiento; resultando un diseño factorial de $3 \times 2 \times 10 = 60$; es decir, 3 niveles de endurecimiento, por 2 niveles de temperatura, por 10 repeticiones. Las cajas de petri se colocaron en cámaras de crecimiento (Biotronette 844, Lab-Line Instruments, Inc, Melrose Park, ILL, USA) a

temperatura constante de 25° C, con lámparas de luz blanca (General Electric de 20W F20T12-CW, USA) y un fotoperíodo de 12h. Con una proporción de luz roja (660 nm) contra la roja lejana (730 nm) R:FR = 1.7, y flujo fotónico (PPFD) = 33.2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El criterio utilizado para observar la germinación fue la emergencia de la radícula.

Evaluación

Para evaluar la respuesta germinativa se tomaron diariamente los datos de la germinación acumulada en porcentaje y se realizó una transformación arco-seno, para cumplir con los supuestos de normalidad de los datos y homogeneidad de las varianzas. Estos datos se ajustaron, mediante el método de mínimos cuadrados, a una función exponencial sigmoide ($y = a / [1 + b^{(-cx)}]$) (González-Zertuche, 1995) y se evaluaron :

25

1). Día de inicio de la germinación; 2). Capacidad germinativa para los distintos tratamientos (punto donde se estabiliza la curva); y 3). Tasa de germinación, por medio de la primera derivada (dG/dt) en el punto de inflexión de las curvas ajustadas.

Los ajustes de las curvas se realizaron con el programa estadístico Table Curve 2D AISN. Software Inc. Chicago, ILL. Los valores de las respuestas así obtenidas se analizaron mediante Análisis de Varianza (ANOVAS) simples (Zar, 1984) para todos los tratamientos. Para conocer el efecto del agente osmótico en el laboratorio y la temperatura se aplicaron Análisis de Varianza Múltiple (MANOVAS). Esto con cada uno de los parámetros entre tratamientos con sus respectivos límites de confianza ($P \leq 0.05$).

Las posibles diferencias estadísticas entre los tratamientos se obtuvieron mediante pruebas de Tuckey. Los ANOVAS y MANOVAS se realizaron con el programa estadístico Statgraphics versión 2.1. Statistical Graphis Corporation, N. I. USA.

Crecimiento inicial de las plántulas provenientes de los tratamientos

Para evaluar esta respuesta se utilizaron las plántulas resultantes del experimento de germinación. Para obtener las plántulas resultantes se sembraron en cajas de petri 50 semillas de cada uno de los pretratamientos en agar bacteriológico al 1% hasta su germinación. Posterior a esta se dio un seguimiento de las plántulas coetáneas (50) por un lapso de 28 días. Se les midió la longitud de la parte aérea, y el área foliar. El área foliar se midió con un medidor de área foliar portátil (LI-3000A, LI-COR, Nebraska, USA).

Los individuos se secaron en una estufa a 80°C por 48 h y se pesaron para obtener el peso seco en una balanza analítica (GA 200D, OHAUS Co, Florham Park, N. J., USA).

26

Evaluación

Los datos se analizaron por medio de un Análisis de Varianza (ANOVA), con el mismo programa estadístico anteriormente descrito para conocer el efecto del endurecimiento por enterramiento y por el realizado con los 2 tipos de "priming" en el laboratorio. Para conocer el efecto del agente osmótico y de la temperatura se le aplicaron Análisis de Varianza Múltiple (MANOVAS, $P \leq 0.05$) a cada uno de los parámetros. El peso seco fue transformado logarítmicamente para cumplir con los supuestos del análisis estadísticos.

Crecimiento de las Plántulas en casa de sombra y en condiciones naturales

Para este experimento se utilizaron dos tipos de semillas: 1). Semillas con el pretratamiento de endurecimiento por enterramiento, y 2). Semillas almacenadas a temperatura ambiente en el laboratorio.

Se realizaron dos experimentos de crecimiento: 1). En una casa de sombra en el Instituto de Ecología, UNAM ubicada en la Ciudad Universitaria al Sur de la Ciudad de México, y 2) En condiciones naturales, en el Parque Ecológico de la Ciudad de México en el Ajusco Medio.

Crecimiento en condiciones controladas en Casa de Sombra

Este experimento de crecimiento fue realizado en una casa de sombra, construida utilizando como base una estructura de hierro y aluminio de dos aguas, de 4 m de ancho por 10 m de largo y 2.50 m de alto, revestida por malla ciclónica de alambre. 27

Se colocó plástico transparente para invernadero tanto en el techo como en las paredes, a fin de evitar la infiltración de la lluvia. El plástico se removía manualmente de los costados para controlar las condiciones de la temperatura de la casa de sombra. Se instaló un ventilador en los días en que la temperatura superaba los 18° C.

Dentro de la casa de sombra se pusieron 8 mesas metálicas para invernadero (65x1.35 m), y se colocaron placas de unicel de las mismas dimensiones descritas para las mesas, a una altura de 80 cm por encima de las plántulas para evitar la insolación directa sobre éstas.

En bolsas de polietileno negro de 10 x 20 cm de largo con suelo del Ajusco, se sembró un número indeterminado de semillas de *Buddleja cordata* con endurecimiento por enterramiento y sin él.

Las bolsas fueron perforadas con el fin de facilitar el drenaje del agua. Se utilizaron 40 bolsas para cada pretratamiento.

El diseño experimental fue de 2 factores: A) Pretratamiento de las semillas con 2 niveles: 1. Semillas con endurecimiento por enterramiento, y 2. Semillas almacenadas en el laboratorio; B) Condiciones de riego, también con 2 niveles: 1. Diario; y 2. Cada semana. Se hicieron 10 repeticiones por tratamiento, resultando un diseño experimental multifactorial de: $2 \times 2 \times 10 = 40$.

Las bolsas se regaron diariamente durante 60 días hasta que las plántulas se establecieron, después de los cuales se realizó una primera cosecha eligiendo aleatoriamente 12 plántulas por tratamiento. Se prensó cada individuo *in situ*, para realizar las mediciones de área foliar. Posteriormente se secaron los individuos en una estufa por 48 h a una temperatura de 80° C, para obtener el peso seco de la raíz, tallo y hojas en la balanza analítica.

En cada una de 10 bolsas, por tratamiento de riego, se dejó solo una plántula. A los 90 días de tratamiento se realizó una segunda cosecha y se obtuvieron el área foliar y los pesos secos. El número de individuos para esta cosecha por cada tratamiento varió debido a la diferente sobrevivencia final.

28

Experimento de crecimiento en el campo

Para el diseño del experimento de crecimiento en condiciones naturales en el campo se tomaron en cuenta 2 factores: A) el sitio de crecimiento con dos niveles: 1. dentro del bosque; y 2. en un claro del bosque; B) pretratamiento de las semillas de las cuales se originaron las plántulas con dos niveles: 1. Pretratamiento de endurecimiento por enterramiento 2. Semillas almacenadas en el laboratorio. Se hicieron 10 repeticiones por cada tratamiento. El diseño fue multifactorial de: $2 \times 2 \times 10 = 40$.

El experimento se realizó de junio de 1997 a marzo de 1998, abarcando las temporadas de lluvia y de sequía en el Parque Ecológico de la Ciudad de México, en el Ajusco Medio. La primera cosecha se realizó en enero de 1998. La toma de datos se hizo de la misma forma que en las condiciones de la casa de sombra.

Evaluación

Para analizar los datos se utilizó un "Análisis de Crecimiento Clásico" (Evans, 1962), modificado por Hunt (1982), el cual toma en cuenta dos cosechas en el tiempo

y permite calcular los valores promedio de las variables analizadas. En este experimento se calcularon las siguientes variables:

Tasa relativa de crecimiento (RGR) promedio, con base en el peso seco de las plantas (W). Evaluada con la ecuación propuesta por Hunt (1992):

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) \cdot (g \cdot g^{-1} \cdot \text{día}^{-1})$$

Donde: W_2 = Peso seco total de la cosecha final.

W_1 = Peso seco total de la cosecha inicial.

T_2 = Tiempo final.

T_1 = Tiempo inicial.

29

Hunt (1982), menciona que la eficiencia en la productividad de la planta está dada por la unidad de área foliar, o lo que él llama "Índice de unidad foliar" (ULR) y que éste podría ser un índice significativo desde el punto de vista fisiológico (Hunt, 1982) para evaluar el crecimiento.

Convencionalmente está dado por el símbolo E, el cual Evans (1972) lo sustituye y nombra como la Tasa de Asimilación Neta (E) :

$$E = ((W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)) \cdot ((\ln_2 LA - \ln_1 LA) / (LA_2 - LA_1))$$

Donde:

LA_2 = Área foliar total de la segunda cosecha

LA_1 = Área foliar total de la cosecha inicial.

\ln_2 = Logaritmo natural del área foliar de la segunda cosecha.

\ln_1 = Logaritmo natural del área foliar de la cosecha inicial.

Otro índice que se deriva de la RGR es el que proponen Briggs *et al.* (1920), y que Hunt (1982) retoma. Éste es la Proporción de Área Foliar (LAR), definida como la proporción del área foliar total con respecto al peso seco total de la planta (F):

$$F = LA/W \text{ (cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}\text{)}$$

Donde: LA, representa el área foliar total y W, el peso seco total de la planta. Otros índices que se derivan de la proporción de área foliar (F) y que son afectados por los cambios ambientales son el Área Foliar Específica (SLA) y el Índice de Peso Foliar (LWR):

$$LA/W = (LA/LW) \cdot (LW/W)$$

Donde:

LA/LW ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) es el Área Foliar Específica :

LA = Área Foliar Total.

LW = Peso Foliar Total.

30

y el Índice de Peso Foliar:

$$LW/W$$

Donde:

LW = Proporción de Peso Foliar.

W = Peso Seco Total de la Planta.

Otra variable analizada fue la Relación Raíz:Vástago, R_w/S_w . Esta aporta información sobre la asignación de recursos a los diferentes sistemas de asimilación de la planta. Donde R_w = peso seco total de la raíz y S_w = peso seco del vástago (parte aérea de la planta).

Cada una de estas respuestas se analizó mediante MANOVAS previa transformación logarítmica de las variables que no cumplieron con los supuestos del análisis.

RESULTADOS

Germinación

31

Capacidad Germinativa

Las semillas enterradas y las pretratadas con PEG 15% a 15° C, presentaron las germinaciones máximas con los valores más altos sin diferencia significativa entre ellas, mientras que el tratamiento con la capacidad germinativa menor fue el de "hidropriming" a 5° C. Entre los otros tratamientos no hubo diferencia significativa ($F = 23.90$; g.l. = 5,59; $P = 0.0001$; (Figura 3).

El análisis para las semillas con "osmopriming" mostró que el factor que tuvo un efecto mayor fue la temperatura a la que se realizó (temperatura: $F = 58.37$; PEG: $F = 25.78$,). El efecto del agente osmótico ("osmopriming") resultó menor cuando las semillas se encontraban a bajas temperaturas, esto fue a 5° C.

Tasas de Germinación

La tasa de germinación con valores más altos se presentó en PEG 15% a 15° C (560.54) y el valor más bajo resultó para el "hidropriming" a 5° C (31.62); ($F = 93.3$; g.l. 5,57, $P = 0.0001$), entre los otros tratamientos no hubo diferencia significativa

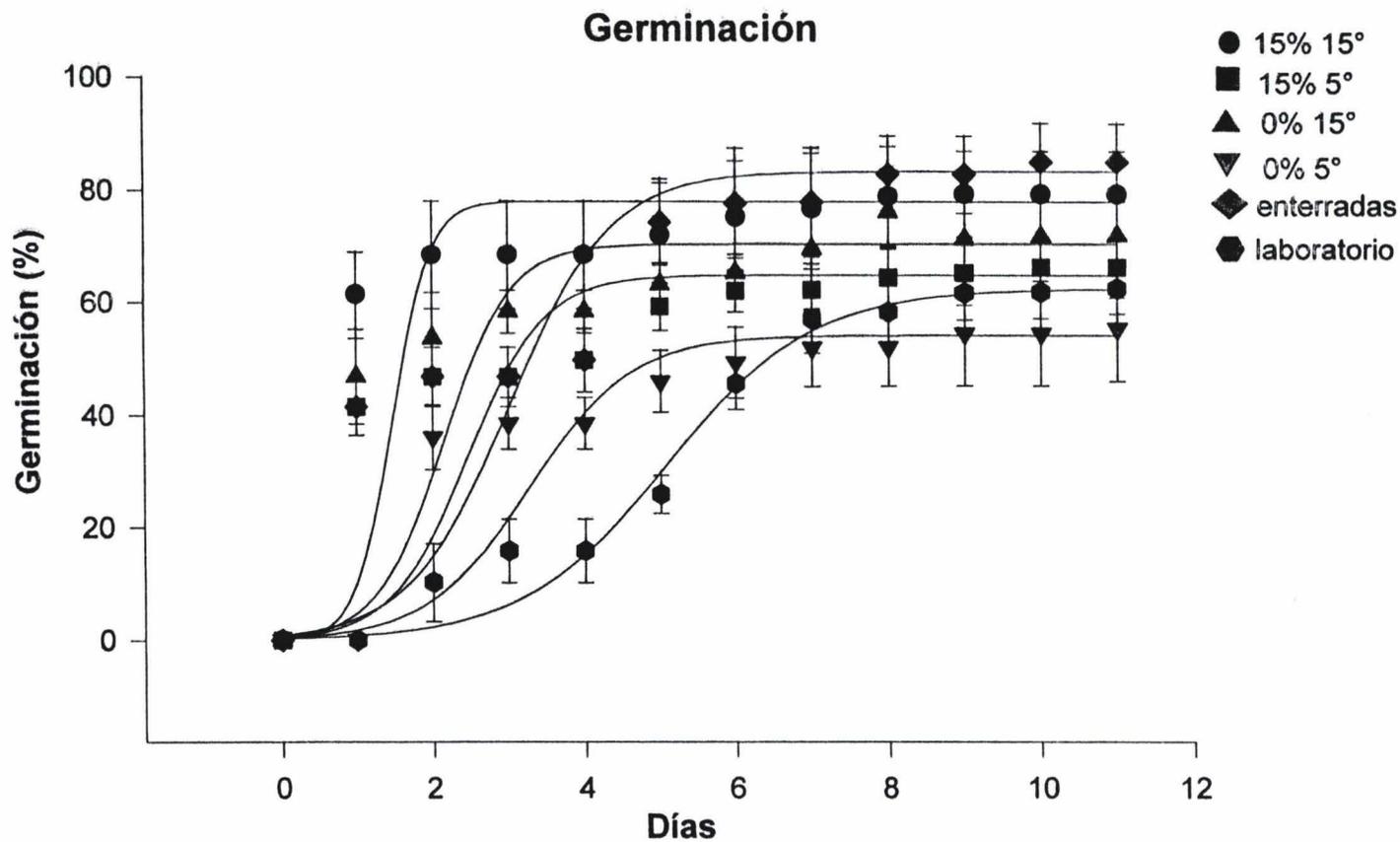


Figura 3. Porcentaje de germinación promedio de *B. cordata* en el tiempo
 n = 10; + -2 ee

(Figura 4). El MANOVA para las semillas con priming mostró diferencias en la velocidad de germinación entre los tratamientos para los dos factores, (PEG: $F=308.74$; g.l.= 1; $P=0.0001$) y (temperatura: $F=348.594$; g.l.= 1; $P=0.0001$). Se observaron tasas de germinación mayores para los pretratamientos a una temperatura de 15° C (Figura 4).

Crecimiento Inicial de las Plántulas recién germinadas

Crecimiento Inicial de las Plántulas recién emergidas. Como resultado de los pretratamientos, se obtuvieron plántulas más vigorosas en términos de las tres variables que se evaluaron, con respecto a las plántulas de las semillas que no estuvieron bajo ningún pretratamiento (Figura 5).

33

Peso Seco total

En el caso del peso seco, las plántulas resultantes del pretratamiento PEG 15% a 5° C tuvieron el valor promedio significativamente menor ($F=15.07$; g.l.= 5, 291; $P=0.0001$) mientras que en las plántulas resultantes de las semillas sin pretratamiento el valor fue menor con respecto al resto de los tratamientos. Entre los otros lotes experimentales no hubieron diferencias significativas (Figura 5a). El MANOVA entre los pretratamientos de “priming” indicó un efecto significativo de la temperatura ($F=5.44$; g.l.= 1,193; $P=0.0001$) y no así del PEG ($F=2.36$; g.l.= 1,193; $P=0.0001$) sobre esta respuesta. La interacción entre ambos factores tampoco fue significativa (Figura 5a).

Longitud de las plántulas

En términos de longitud, las plántulas con mayor crecimiento fueron las resultantes de los dos pretratamientos con “osmopriming” (15% PEG). Significativamente menor fue la longitud para las plántulas de semillas sin pretratamiento ($F=103$.

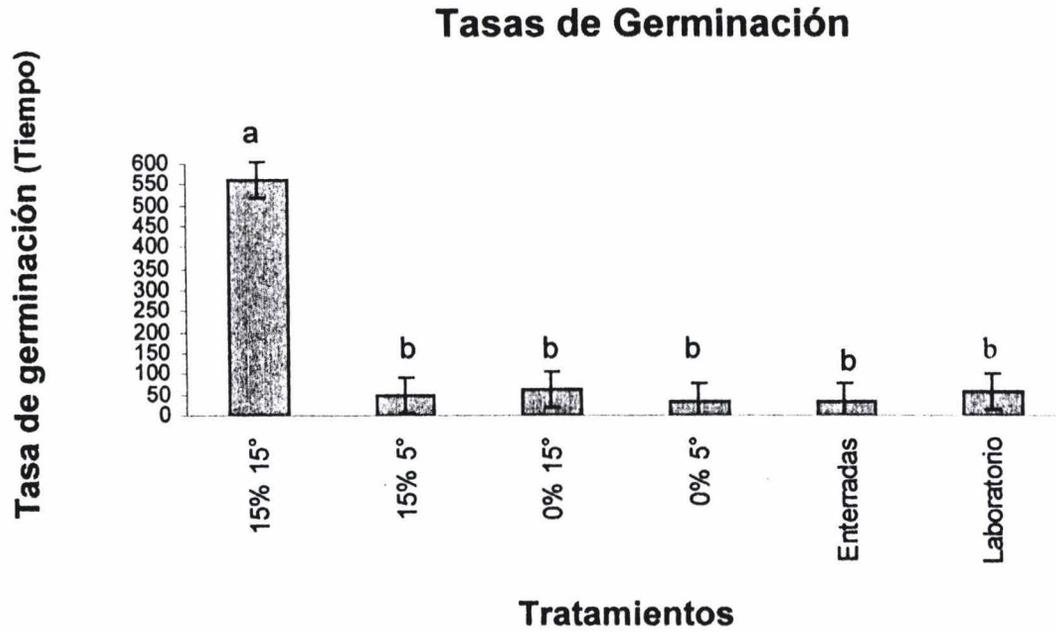


Figura 4. Tasas promedio de germinación de *B. cordata*. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas. n = 10; ± 2ee.

Crecimiento inicial de las plántulas recién germinadas

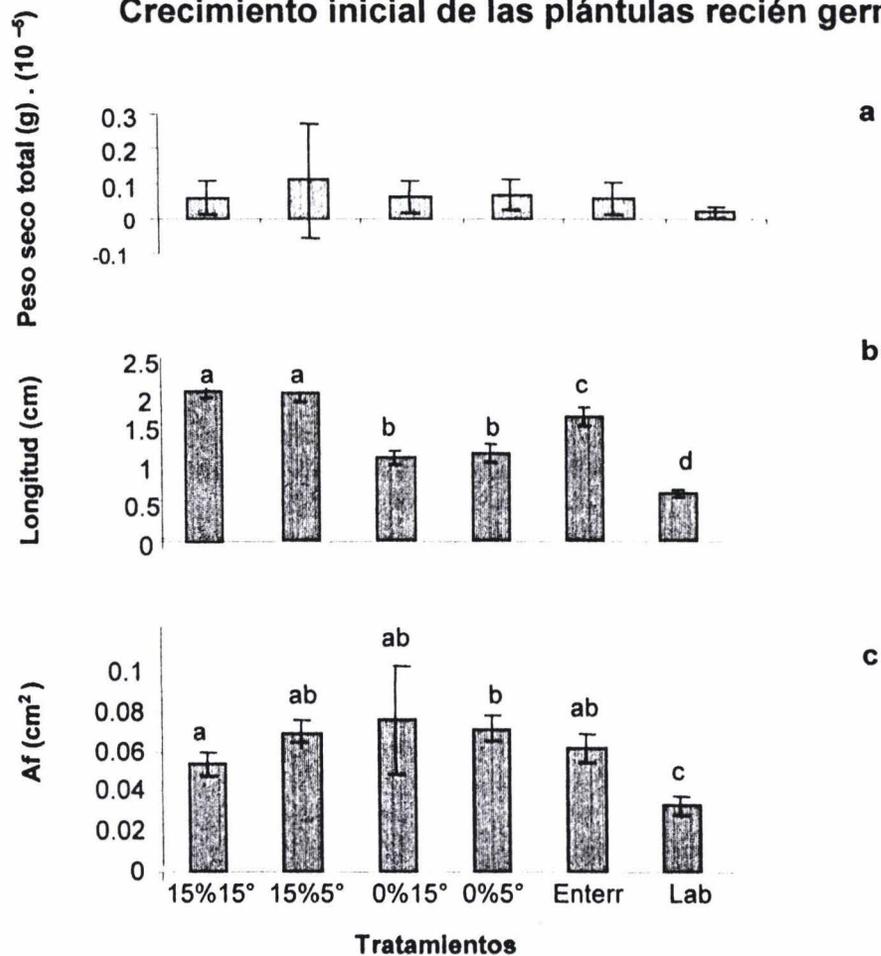


Figura 5. Crecimiento Inicial de las plántulas recién germinadas de *B. cordata*. Peso seco total (5a); longitud total de las plántulas (5b) y área foliar (5c); n = 50; ± 2ee. Las letras minúsculas muestran las diferencias significativas,

65; g.l.= 5, 291; $P = 0.0001$) Entre los otros lotes experimentales no hubieron diferencias significativas (Figura 5b).

El MANOVA entre los pretratamientos de "priming", indicó efecto significativo de ambos factores (PEG: $F = 818.13$ y temperatura: $F = 122.81$). Los valores mayores se presentaron para los pretratamientos con "osmopriming".

Área foliar

El crecimiento inicial evaluado como desarrollo del área foliar fue significativamente menor para las plántulas resultantes de las semillas sin pretratamiento. Entre los otros lotes experimentales la única diferencia significativa se encontró entre el "hidropriming" a 5°C y el "osmopriming" 15% PEG 15°C ($F = 6.32$; g.l.= 5, 291; $P = 0.0001$). El MANOVA entre los pretratamientos de "priming", indicó que existe un efecto significativo para los dos factores, observándose valores mayores de hidropriming a 5°C (Figura 5c).

36

Crecimiento en Condiciones Controladas (Casa de Sombra)

En términos generales, el crecimiento de las plántulas fue afectado principalmente por la frecuencia de riego, más que por el enterramiento o ausencia de éste en las semillas de las cuales se obtuvieron los individuos. Sólo E (Tasa de Asimilación Neta) tuvo efecto significativo de ambos factores y F (Proporción de área Foliar) de ninguno (Figura 6).

Tasa Relativa de Crecimiento

Para la R (Tasa relativa de crecimiento) promedio, el factor que afectó esta variable fue la frecuencia de riego (riego: $F = 22.41$; g.l.= 1,47; $P = 0.0001$; enterramiento: $F = 3.84$; g.l. = 1,47; $P = 0.056$) y se observó que durante los 130 días que duró el experimento, la tendencia fue de una R mayor para las plántulas que fueron

regadas con mayor frecuencia; sin embargo, la única diferencia significativa se presentó para las plántulas originadas de semillas con endurecimiento y con riego (Figura 6a).

Proporción de Área Foliar

Al final del experimento la F (Proporción de área foliar) no presentó efecto de ninguno de los factores experimentales (riego: $F = 1.34$; g.l. = 1, 47; $P = 0.25$; enterramiento: $F = 0.26$; g.l.= 1, 47; $P = 0.61$); sin embargo, la heterogeneidad en esta respuesta fue mayor en las plántulas originadas de semillas sin pretratamiento (Figura 6b).

Tasa de Asimilación Neta

El promedio fue afectado por ambos factores experimentales con mayor peso por la frecuencia de riego (enterramiento: $F = 5.08$; g.l.= 1,44; $P = 0.02$; riego: $F = 26.5$; g.l.= 1,44; $P = 0.001$), con una tendencia a valores mayores de E en los tratamientos con mayor frecuencia de riego; y entre los mismos regímenes de riego, resultó mayor el valor en el tratamiento con enterramiento. Por otra parte, la interacción entre los factores experimentales no fue significativa ($F = 0.72$; g.l.= 1,44; $P = 0.4$) lo que se tradujo en que el único tratamiento significativamente mayor fue el de enterramiento con riego frecuente (Figura 6c).

Área Foliar Específica

El riego más frecuente favoreció un desarrollo mayor del AFE ($F = 27.3$; g.l.= 1,44; $P = 0.0001$), mientras que el pretratamiento de enterramiento no tuvo efecto sobre esta variable ($F = 1.76$; g.l.= 1,44; $P = 0.19$). El valor significativamente más alto lo presentó el tratamiento con enterramiento con riego y el significativamente menor el tratamiento sin enterramiento sin riego (Figura 6d).

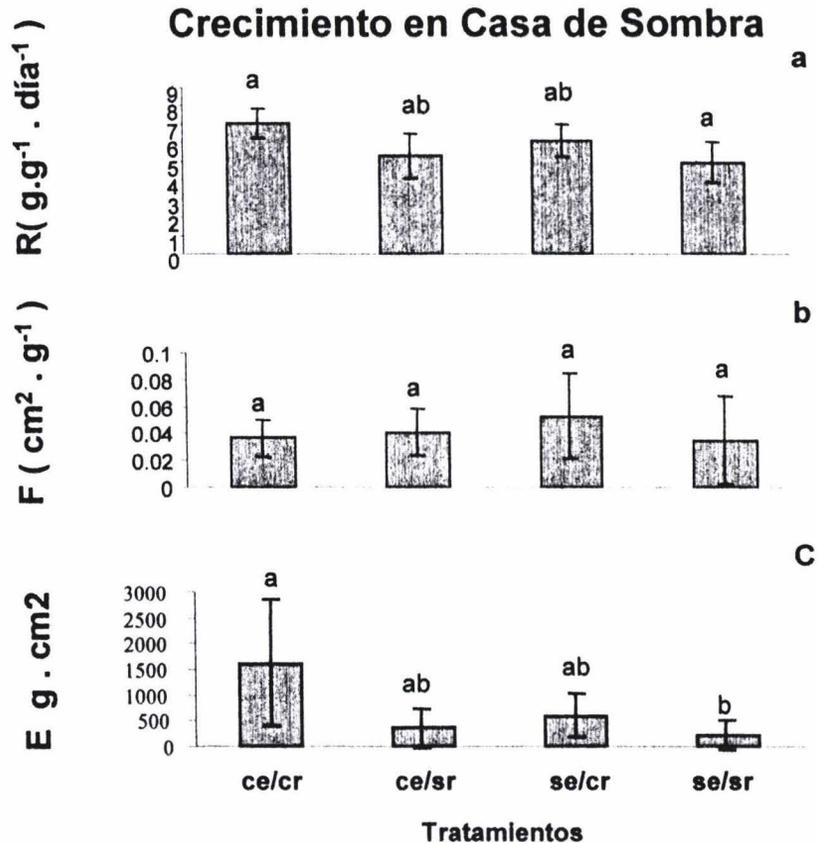


Figura 6. Valores promedio de las variables: Tasa relativa de crecimiento (R) (6a), Proporción de Área Foliar (F) (6b) y Tasa de Asimilación Neta (E) (6c) de *B. cordata* en casa de sombra. $n = 12; \pm 2ee$. Las letras minúsculas indican las diferencia significativas. ce/cr (con endurecimiento/ con riego) se/sr (sin endurecimiento/ sin riego).

Índice de Peso Foliar

El riego fue el factor con mayor efecto en ésta variable ($F= 6.01$; g.l.= 1,44; $P= 0.01$), sin efecto del enterramiento ($F=0.57$; g.l.= 1,44; $P= 0.46$). La frecuencia de riego mayor produjo valores menores de IPF (Índice de peso foliar específico), con diferencia significativa en el tratamiento con enterramiento y con riego (Figura 6e).

Relación Raíz:Vástago

39

La frecuencia de riego fue el factor que afectó significativamente a ésta respuesta (riego: $F= 22.8$; g.l.= 1,44; $P= 0.0001$; enterramiento: $F= 3.5$; g.l.= 1,44; $P= 0.06$), con una tendencia a valores mayores en los tratamientos con riego frecuente (Figura 6f).

Crecimiento en Condiciones Naturales

En términos generales el sitio de crecimiento fue el factor que afectó significativamente el crecimiento de *B. cordata* en las condiciones de campo en que se realizó este experimento. El enterramiento previo de las semillas afectó únicamente a la R (Tasa relativa de crecimiento) promedio y el IPF (Índice de peso foliar específico) no fue afectado por ninguno de los factores (Figura 7).

Tasa Relativa de Crecimiento

Para la R promedio, el enterramiento previo de las semillas así, como el sitio de crecimiento en el campo tuvieron efecto significativo (enterramiento: $F= (13.7$; g.l.= 1,23; $P= 0.0014$; sitio: $F= 13.1$; g.l.= 1,23; $P= 0.0017$) favoreciendo a ésta variable el endurecimiento y las condiciones ambientales de un claro del bosque. La R fue

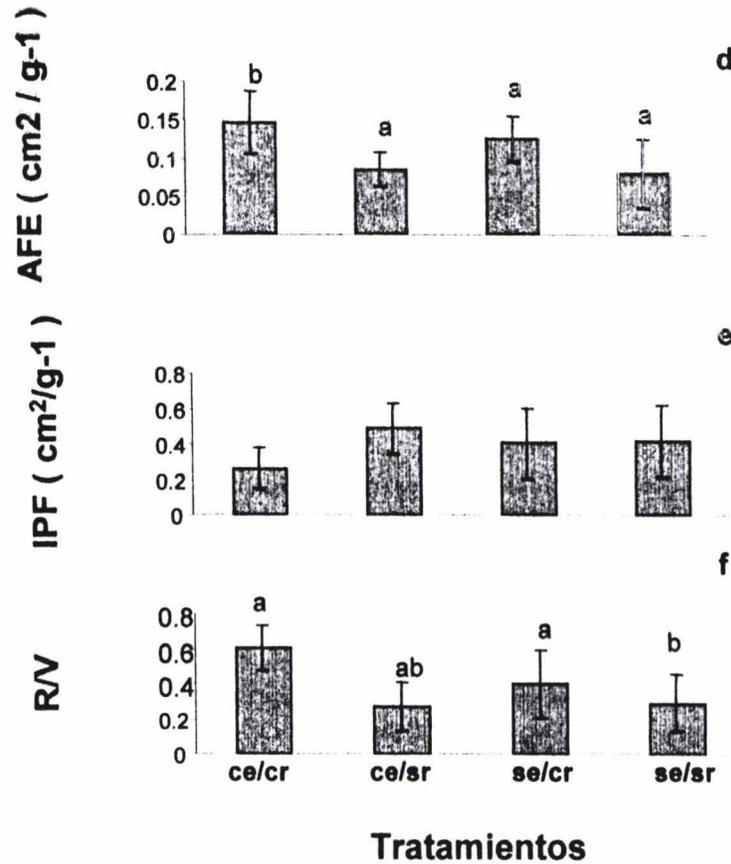


Figura 6. Valores promedio de las variables Área foliar específica (AFE) 6d; Índice de Peso foliar (IPF) 6e y Relación Raíz Vástago (R/V) 6f de *B. cordata*, en casa de sombra. n = 12; ± 2ee. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas. ce/cr (con endurecimiento/ con riego) se/sr (sin endurecimiento/ sin riego).

significativamente mayor para los tratamientos con enterramiento y en el claro del bosque. (Figura 7a).

Proporción de Área Foliar

Al final del experimento la F presentó efecto del sitio de crecimiento y no del enterramiento de las semillas (sitio: $F = 67.5$; g.l. = 1,23; $P = 0.0001$; enterramiento: $F = 0.1$; g.l. = 1,23; $P = 0.75$). Se observaron valores mayores en las plántulas que crecieron en el bosque. (Figura 7b).

Tasa de Asimilación Neta

41

La E promedio fue afectada por el sitio de crecimiento y no por el enterramiento de las semillas (sitio: $F = 27.03$; g.l. = 1,23; $P = 0.001$; enterramiento: $F = 1.8$; g.l. = 1,23; $P = 0.18$), con valores más altos para las plántulas que crecieron en el claro (Figura 7c).

Área Foliar Específica

El ambiente del bosque favoreció un desarrollo mayor del AFE ($F = 31.2$; g.l. = 1,23; $P = 0.0001$), mientras que el enterramiento de las semillas no tuvo efecto sobre esta variable ($F = 0.3$; g.l. = 1,23; $P = 0.6$). El valor significativamente más alto lo presentó el tratamiento sin enterramiento en el bosque (Figura 7d).

Índice de Peso Foliar

Esta variable no fue afectada por ninguno de los factores experimentales (sitio: $F = 3.1$; g.l. = 1,23; $P = 0.09$, enterramiento: $F = 0.15$; g.l. = 1,23; $P = 0.71$). Sin embargo se observó una tendencia a valores mayores para las plántulas que crecieron en el claro (Figura 7e).

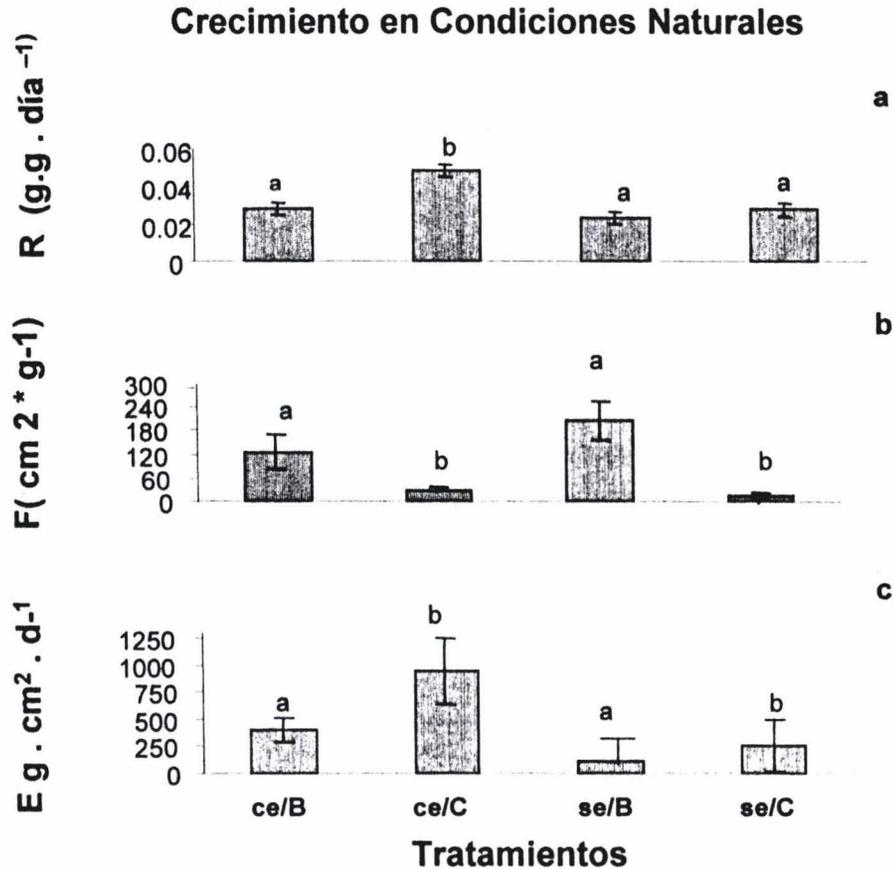


Figura 7. Valores Promedio de las variables Tasa relativa de crecimiento (R)(7a); Proporción de Área Foliar (F) (7b) y Tasa de Asimilación Neta (E) (7c) de *B. cordata* en condiciones naturales; n = 6; ± 2ee. Las letras minúsculas muestran las diferencias significativas. **ce/B** (con endurecimiento / Bosque); **ce/C** (con endurecimiento / Claro) **se/B** (sin endurecimiento/ Bosque); **se/C** (sin endurecimiento/ Claro)

Relación Raiz:Vástago

El sitio de crecimiento fue el único factor que afectó significativamente a ésta respuesta (sitio: $F = 6.6$; g.l. = 1,23; $P = 0.01$; enterramiento: $F = 0.007$; g.l. = 1,23; $P = 0.93$), con una tendencia a valores mayores en las plántulas que crecieron en el bosque y significativamente mayor en el tratamiento sin enterramiento y bosque (Figura 7f).

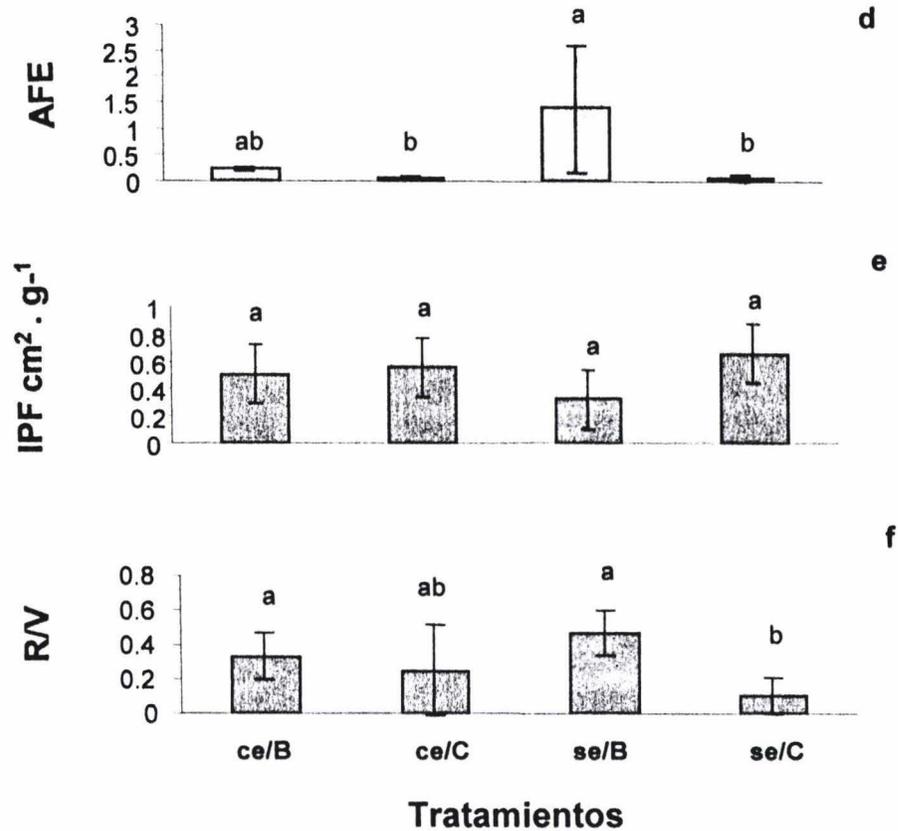


Figura 7. Valores promedio de las variables Área Foliar Específica (AFE) (7d); Índice de Peso Foliar Específico (IPF (7e) y Relación Raíz Vástago R/V (7f) de *B. cordata* en condiciones naturales. n= 6; ± 2ee. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas. **ce/B** (con endurecimiento / Bosque); **ce/C** (con endurecimiento / Claro) **se/B** (sin endurecimiento/ Bosque); **se/ C** (sin endurecimiento/ Claro).

DISCUSIÓN

El “priming” y el enterramiento indujeron en *B. cordata* una mayor germinación inicial, lo que favorecería la uniformidad y el reclutamiento de las plántulas de *B. cordata* en condiciones naturales. Se ha reportado que el “priming” induce mejoría en la respuesta germinativa en términos de viabilidad, cantidad, rapidez y uniformidad (Heydecker, 1973); también se han reportado beneficios adicionales para las plántulas, tales como aumento de su vigor y acortamiento del período de crecimiento (Brocklehurst et al. 1984; Kigel; Tarquis y Bradford, 1992, González-Zertuche, 2001, 2002). Estos beneficios han sido comprobados en especies cultivadas (Currah, 1978) como tomate, lechuga, coliflor y zanahoria, entre otras, pero existe poca información sobre el efecto del “priming”, en especies silvestres. Es de notar que el enterramiento tuvo un efecto similar al de los pretratamientos con PEG realizados a 15° C, mejorando las respuestas germinativas con respecto al testigo, en contraste con lo encontrado por González – Zertuche *et al*, (2001 y 2002) con *Wigandia urens* y *Buddleja cordata* aún en condiciones óptimas de germinación, en las cámaras de crecimiento controlado. Durante el periodo de enterramiento, al inicio de la época de lluvias, las precipitaciones no son constantes por lo que las semillas pasaron por periodos de hidratación y deshidratación similares al “priming”, produciendo el mismo efecto que éste. La diferencia en estos estudios podría radicar en las condiciones en que se realizaron los pretratamientos de “hidropriming” y “osmopriming” en las semillas.

Las relaciones hídricas pueden ser afectadas por el "priming" (Bradford, 1986); durante la imbibición hay un incremento en el potencial hídrico de las semillas, lo que produce una mayor dependencia de la captura del agua, la hidratación de la semilla es seguida por la síntesis de solutos, durante la cual la entrada de agua a la semilla se estabiliza: es decir, no hay entrada neta. Durante esta fase de meseta, el potencial de agua externo es igual al potencial de agua de las células de la semilla. Cuando el potencial de agua externo se reduce, el contenido de agua de la semilla alcanzado durante la meseta, también se reduce y se detiene el inicio de la germinación, de manera que el crecimiento de la radícula se evita a estos potenciales de agua suficientemente bajos (Bradford, 1986), que en este trabajo pudieron ser obtenidos con el agente osmótico y con la evaporación del agua del suelo durante el enterramiento. Aún en los casos en que el potencial osmótico del suelo pudiera ser cercano a cero existen otros factores que pueden inhibir la emergencia de la radícula (Baskin y Baskin, 1998), tales como fluctuaciones en la concentración de oxígeno y en la temperatura (González-Zertuche *et al.*, 2001). El hecho de que Davison y Bray (1991) encontraran que el "osmoprimering" a 15°C induce altos niveles de síntesis de proteínas en plántulas de *Allium porrum*, aunado a que, durante el enterramiento y el "osmoprimering" de semillas de *Wigandia urens* se sintetizaron proteínas solubles al calor que no se sintetizaron en las plántulas de semillas no tratadas (González-Zertuche *et al.*, 2001), junto con los resultados de este trabajo, podría ser una evidencia más de que el "priming" en el laboratorio y el enterramiento tendrían un efecto similar en el endurecimiento de las semillas, sobre todo si se considera que la temperatura media de enterramiento fue de 14.5°C, y que varió entre 10.9 y 17.8°C, valores muy cercanos a la temperatura en la que se realizó el pretratamiento en el laboratorio.

Por otro lado, los pretratamientos hechos a bajas temperaturas (5°C), tuvieron poco o ningún efecto en la respuesta germinativa (inicio de la germinación, germinación total y tasa máxima de germinación). En los pretratamientos sin PEG se esperaba conseguir, por un lado, un hidropriming en las semillas de *B. cordata*, método en el que la imbibición a baja temperatura produce una disminución del

metabolismo de las semillas, lo que impide la germinación en condiciones de total imbibición, por un tiempo prolongado (7 días) (Pill, 1986), y por otro lado, poder evaluar el efecto de la temperatura sobre este método. La elección de las temperaturas para el "priming" en este trabajo se hizo considerando que *B. cordata* es una especie silvestre cuyas semillas se producen en el otoño y son liberadas durante el invierno (Benítez, 1986), tiempo durante el cual forman parte del banco de semillas, a una altitud de 2600 m.s.n.m. en la localidad de colecta, razones por las que están sometidas frecuentemente a bajas temperaturas; sin embargo, temperaturas no tan bajas (15°C) que son representativas de la temperatura promedio en el área produjeron mejores resultados en términos de endurecimiento de las semillas. 47

Existen trabajos en los que se encontraron beneficios en la respuesta germinativa de las semillas cuando se les aplicó "hidropriming" a 20 ó 23° C y "osmopriming" a 20° C a semillas de especies cultivadas como la lechuga (*Lactuca sativa*) (Tarquis y Bradford, 1992) y la coliflor (*Brassica oleraceae*) (Fujikura *et al.*, 1993). Pero los resultados obtenidos con "priming" a bajas temperaturas son contradictorios, probablemente debido a que la temperatura a la que se realiza el "osmopriming" determina el efecto osmótico de la solución salina, como se observó en este trabajo. Battaglia (1997) encontró que la germinación de semillas de *Eucalyptus delegatensis* se incrementó sólo cuando el "osmopriming" se realizó a potenciales de agua mayores a -0.4 Mpa, que es el valor del potencial hídrico aplicado en este trabajo a 15° C, y a temperaturas mayores a 7.5° C. Bewley y Black (1985) mencionan que las semillas de especies como la soya, el algodón, algunas especies vegetales, otras ornamentales y de cultivos tropicales sufren daños al ser inhibidas a temperaturas bajas (5° C) antes de ser incubadas entre 20 a 25° C, y que la intolerancia a la imbibición en bajas temperaturas podría deberse a diferencias en la composición proteica de la membrana o de sus componentes menores como los esteroides, aunque hace falta la evidencia experimental. Herner (1986), menciona que en las especies cultivadas existe una mayor susceptibilidad a las bajas temperaturas si son de origen tropical o subtropical, que es el caso de *B.*

cordata (Benítez, 1986), que si son de origen templado y que las membranas celulares de las especies sensibles a las bajas temperaturas tienen una mayor proporción de ácidos grasos altamente saturados que las de las especies resistentes, lo que genera un cambio físico en las membranas o en porciones de ellas, afectando su flujo de energía y su metabolismo, lo que resulta en cambios en su permeabilidad así como en la acumulación de tóxicos como el acetaldehído y el etanol.

Sin embargo, trabajos como el de Coolbear y McGill (1990) muestran que podría haber un efecto favorable del "osmoprimering" realizado a bajas temperaturas en semillas de tomate, pero además de que su trabajo fue realizado a una temperatura mínima de 10° C; es decir, mayor que la temperatura mínima de este estudio (5°C), encontraron que el "priming" tuvo un efecto diferencial entre lotes y proponen que a mayor vigor de las semillas mayor respuesta. Adicionalmente, los beneficios del "priming" realizado en esas condiciones experimentales se expresaron únicamente en condiciones subóptimas para la germinación (altas temperaturas y estrés hídrico).

Esa misma observación la realizaron Zheng *et al.* (1994) en dos especies del género *Brassica* sp. germinadas a bajas temperaturas. La diferencia en nuestro caso, radica en que las condiciones de germinación en el laboratorio fueron las óptimas para *B. cordata* (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1990), y la capacidad germinativa del lote testigo (60%) podría indicar la presencia de las semillas a una latencia primaria, lo que también podría explicar el escaso efecto de los tratamientos a 5° C en este estudio, ya que por las condiciones de oscuridad en que se realizaron los pretratamientos no tuvieron efecto de estratificación y por lo tanto, no fueron eficientes en establecer una relación $GA_3:ABA$ adecuada para romper la latencia (González-Zertuche *et al.*, 2001; Hilhorst, 1995). En términos del efecto del "priming", su ineficiencia en esta temperatura baja (5° C) pudo deberse entonces a la presencia de esta latencia endógena, ya que cambios en la sensibilidad al GA_3 determinan la sensibilidad al "priming".

Por otro lado, el que las semillas hayan mejorado su respuesta germinativa (en todos los aspectos evaluados) en los pretratamientos a 15° C con respecto al testigo,

podría indicar que se favoreció la liberación de la latencia, como sucede en varias especies que responden a la imbibición a temperaturas relativamente bajas. Bewley y Black (1985) mencionan que en especies herbáceas la exposición de sus semillas a 15° C durante pocos días rompe la latencia lentamente durante el invierno, evitando la germinación durante la época desfavorable para el establecimiento de las plántulas. Las semillas de *B. cordata* pasan el invierno formando parte del banco de semillas. El límite inferior al cual las temperaturas bajas tienen efecto en la liberación de la latencia depende de la temperatura crítica para que la membrana cambie su viscosidad. IZT.

El hecho de que el "hidropriming" a 15° C hubiese tenido un efecto semejante al obtenido con el enterramiento, podría indicar que si hubo endurecimiento, mejorando la respuesta germinativa, como encontraron Tarquis y Bradford (1992) en semillas de lechuga. Por otro lado, las diferencias entre el efecto del "osmopriming" (PEG) a 5° C y a 15° C indicarían un mayor efecto osmótico a menor temperatura. Tarquis y Bradford (1992) mencionan que la efectividad de la duración del "priming" es proporcional a la diferencia entre el potencial de agua de la semilla y un potencial hídrico mínimo, bajo el cual no se observa efecto del pretratamiento. Cuando el potencial de agua de la semilla se reduce hasta este mínimo, la duración requerida para el pretratamiento aumenta proporcionalmente con la diferencia de potenciales hídricos. Este mismo argumento podría sostenerse para el efecto de la temperatura sobre los efectos del "osmopriming" en la germinación. Se sabe que el efecto de los agentes osmóticos como el PEG varían con la temperatura (Lang, 1967). A 15° C el efecto osmótico del PEG podría haber tenido el potencial hídrico de la semilla cerca del valor del potencial mínimo para promover el metabolismo, como lo proponen Tarquis y Bradford (1992) considerando la duración del pretratamiento. La relación entre el efecto de la duración del "priming" y la temperatura han sido sustentados por varios trabajos (Heydecker *et al.*, 1973). Zheng *et al.* (1994) encontraron que se requerían períodos más largos de pretratamiento cuando este se realizaba a temperaturas más bajas en *Allium cepa* y *Brassica campestris* respectivamente. Por otro lado, la tasa de germinación



significativamente mayor en el pretratamiento 15% PEG a 15° C, podría atribuirse a la reducción del tiempo necesario para que se lleven a cabo los procesos que ocurren durante la fase estable de la imbibición como consecuencia del pretratamiento (Tarquis y Bradford, 1992).

El efecto del "priming" se ha explicado mediante un aumento del vigor de la semilla durante los eventos metabólicos iniciales que ocurren durante la imbibición y que son fijados por la subsecuente deshidratación (Zheng *et al.*, 1994). Los resultados de este trabajo indican que esto pudo ocurrir en las semillas de *B. cordata* durante los pretratamientos realizados, lo que favorecería su establecimiento.

50

En este trabajo, los pretratamientos sobre las semillas de *B. cordata*, incluyendo el enterramiento, favorecieron el crecimiento inicial de sus plántulas, produciendo valores más altos de las variables evaluadas con respecto al testigo, estos resultados pudieron apreciarse incluso 28 días después de la germinación, tiempo mayor que en otros trabajos y en condiciones óptimas de germinación.

El efecto del "priming" sobre la longitud de la plántula, como una medida del vigor de las etapas muy iniciales del crecimiento, ha tenido resultados contrastantes (Yamamoto *et al.*, 1997), mientras que en plántulas provenientes de semillas de *Capsicum annum* sometidas a "osmopriming" no se encontraron diferencias en el desarrollo de las raíces ni en la relación raíz/vástago a los 14 días de edad, comparadas con las de semillas no pretratadas (Stoffella *et al.*, 1992). El hecho de que en este trabajo hayamos encontrado beneficios importantes del "priming" sobre el crecimiento inicial de las plántulas, podría deberse por una parte, a las tasas de germinación mayores en las semillas pretratadas, como se encontró para el peso fresco de las plántulas de *Petroselinum crispum*, obtenidas de semillas sometidas a "osmopriming" (Pill, 1986).

Una diferencia notable de este trabajo es que los efectos favorables de los pretratamientos se observaron en condiciones óptimas de germinación de las semillas y aún después de un tiempo mayor que en los trabajos antes mencionados. Las plántulas de semillas pretratadas de *B. cordata* presentaron valores

significativamente mayores en longitud de la parte aérea, biomasa acumulada y desarrollo del área foliar. Esta última variable podría ser muy importante de evaluar durante el crecimiento inicial de las plántulas en condiciones óptimas, a diferencia del desarrollo de las raíces, el cual en estas condiciones no sería estimulado. Estos resultados podrían sugerir beneficios en el reclutamiento de las plántulas de *B. cordata*, la que al ser una especie silvestre está sometida a cambios ambientales más impredecibles que las especies cultivadas. Sin embargo, hace falta realizar más estudios en especies silvestres para evaluar el efecto del endurecimiento de sus semillas.

En cuanto al crecimiento de las plántulas de *B. cordata*, tanto en casa de
sombra como en el campo, el efecto del enterramiento de las semillas no fue
significativo en términos generales; sin embargo, sí se observa una tendencia de
este factor a favorecer el crecimiento, en algunas de las variables, al interactuar con
el ambiente. La alta heterogeneidad obtenida en las respuestas de este experimento
pudiera impedir evaluar con mayor precisión el efecto del pretratamiento en las
semillas. Por otro lado, al momento de hacer la evaluación del crecimiento (después
de 90 días a partir de la cosecha inicial), el efecto inicial del enterramiento sobre el
vigor de las plántulas pudo perderse. Taylor *et al.*, (1982) encontraron que para
plántulas de tomate, el incremento del vigor resultante de los pretratamientos de
"osmopriming" de las semillas se mantuvo un corto tiempo, Stoffella *et al.* (1992)
observaron en estudios sobre el desarrollo de las raíces de plántulas de semillas
endurecidas y no endurecidas, que los beneficios del pretratamiento tuvieron una
duración máxima de 6 días, mientras que Yamamoto *et al.* (1997) no encontraron
diferencias entre plántulas de semillas endurecidas y no endurecidas en laboratorio
después de 28 días. Esto puede ser más notorio si se considera que las únicas
variables en las que hubo efecto significativo del enterramiento fue en aquellas que
para su cálculo se considera una cosecha inicial (R y E), en la que las plántulas
tenían una edad promedio de 60 días, mientras que en las variables en que sólo
se realizaron mediciones finales no se encontró significancia estadística para
este factor. Sin embargo, en el crecimiento en casa de sombra, la interacción

del riego frecuente con el pretratamiento de enterramiento de las semillas siempre favoreció valores más altos de las variables de crecimiento, como se observó en la R promedio de esta condición experimental, la cual siendo una respuesta integradora del desempeño de las plántulas fue la única significativamente mayor. En condiciones naturales, en un ambiente estacional como el Parque Ecológico de la Ciudad de México, Ajusco, D. F., es necesario que se establezca completamente la época lluviosa para que las semillas que forman parte del banco inicien su germinación y una R incrementada por los efectos del enterramiento podría favorecer el establecimiento inicial de las plántulas de *B. cordata*.

La mayor parte de las variables de crecimiento evaluadas pueden ser interpretadas más como respuestas al ambiente que como efecto del pretratamiento de las semillas, las cuales subrayan que la tasa de crecimiento está básicamente determinada por la interacción del genotipo con las condiciones ambientales (Argerich et al., Yamamoto et al., 1997). *B. cordata* es una especie heliófita de sitios perturbados (Benitez, 1986), y el establecimiento de sus plántulas podría ser favorecido con intensidades luminosas relativamente más altas que las de los lugares cubiertos por un dosel vegetal cerrado, esto se reflejó en los valores de R y E más altos en casa de sombra que en el experimento en el campo; y para condiciones naturales, mayores R y E en el claro que en el bosque, indicando una mayor ganancia neta de carbono. En un ambiente con alta disponibilidad de luz, el agua puede ser el factor limitante (Waring en Mooney et al., 1997), por lo que la disponibilidad de agua es más aleatoria en el campo que en la casa de sombra.

En términos de asignación de recursos, se podría sugerir que las plántulas de *B. cordata* se aclimatan a diferentes condiciones ambientales. Waring (1997) comenta que las hojas producidas bajo condiciones de sequía son más pequeñas, pero que pueden contener más carbohidratos almacenados, lo que se refleja en los bajos valores de AFE y en los valores más altos de IPF obtenidos en los tratamientos con simulación de sequía en la casa de sombra. Mientras que los resultados de las plántulas que crecieron en el bosque, en términos de F y AFE mayores, así como la tendencia a valores menores de IPF, sugieren una mayor

asignación de biomasa a follaje, lo que favorecería una mayor intercepción de luz por unidad de biomasa vegetal. Veneklaas y Poorter, 1995) mencionan que las especies pioneras presentan áreas foliares grandes y que sus tasas respiratorias altas son compensadas parcialmente asignando, proporcionalmente, menos biomasa a raíces, lo que en este trabajo pudo haber favorecido los valores de E y R mayores en los tratamientos sin limitantes de energía luminosa.

Las conclusiones que se pueden obtener sobre el desempeño de las plántulas a partir del cociente R/V también son contrastantes. Existen estudios donde se muestra que el estrés hídrico puede restringir el crecimiento de la parte aérea, mientras que el de la raíz puede ser menos afectado, lo que da lugar a altos valores de R/V (Mc Naughton en Mooney *et al.* 1997), mientras que en otros trabajos no se encontraron efectos de la sequía sobre este parámetro y en otros el R/V disminuyó. Gales (1979) encontró que en plántulas de *Lolium perenne* creciendo en condiciones de sequía simulada, pero en un ambiente fértil, la R del sistema radical disminuyó más que la R de la parte aérea, dando lugar a valores bajos de R/V, como sucedió en los tratamientos de simulación de sequía en casa de sombra y en el claro del bosque. De la misma forma, en este trabajo los tratamientos no incluyeron déficit de nutrimentos. Particularmente en el claro, las variaciones de humedad del suelo pudieron ser mayores y el menor R/V podría ser consecuencia de un incremento en la resistencia del suelo, lo que pudo reducir la elongación de ejes nuevos en la raíz (Gales, 1979).

Los valores de R/V mayores en el bosque también podrían atribuirse a la formación de hojas delgadas (altas AFE) favoreciendo un peso menor del vástago con respecto al de las raíces.

CONCLUSIONES

De acuerdo con estos resultados, se podría sugerir que:

- Las condiciones con las que se realizaron los pretratamientos favorecen la respuesta germinativa de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas resultantes de éstas, aún en condiciones óptimas.
- Los tratamientos de “osmopriming” previos a la siembra, produjeron endurecimiento en las semillas, lo que se expresó en una mayor capacidad germinativa, no así en la tasa de germinación en esta especie.
- El “hidropriming” no produjo resultados importantes en términos del endurecimiento.
- Las temperaturas a las que se realizaron los tratamientos de “priming” no tuvieron un efecto importante en la obtención del endurecimiento.
- El mejor tratamiento de endurecimiento resultó ser el de enterramiento.
- Las semillas durante su estancia en el banco en las comunidades naturales sufren un proceso de maduración determinado por las variaciones ambientales y micro ambientales a las que están sometidas durante su enterramiento.

- La duración del efecto de los pretratamientos es corta, favoreciendo principalmente la etapa de establecimiento de las plántulas.
- Las plántulas de *B. cordata* se aclimatan a distintos ambientes mediante la asignación diferencial de sus asimilados, pero en edades muy tempranas requieren de sitios seguros que les proporcionen humedad, así como radiación relativamente alta para obtener la energía suficiente para la incorporación de carbono, pero baja insolación directa que las deshidrate a ellas y/o al sustrato en que se encuentran.
- La necesidad de un sitio seguro para el establecimiento de las especies, como la utilizada para este estudio es de particular importancia en una comunidad estacional como El Parque Ecológico de la Ciudad de México en el Ajusco, D. F.
- Por otro lado, se requieren de más estudios en varias especies silvestres para aumentar el conocimiento del efecto del endurecimiento en el laboratorio y del enterramiento de sus semillas .

LIOGRAFÍA

- Allen, P. S. y Meyer S. E. 1998. Ecological aspects of seed dormancy lost. *Seed Science Research* 8 :183-191.
- Alvarado, A. D. y Bradford, K. J. 1988. Priming and estorage of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) seeds. *Seed Science and Technology* 16 : 601-606.
- Argerich, C.A., Bradford, K.J. and Tarquis, A. M. 1989 The effects of priming and aging on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*, 40: 593 - 598.
- Baker, H. G. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. en M. A. Leck, V. T. Parker y R. L. Simpsons [eds.], *Ecology of soil seed banks*, 9-21. Academic Press, London.
- Barradas, V. L. 2000. Modificación del microclima con énfasis en la conservación y la restauración ecológica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 65 : 00-00
- Barrera-Bassols, N. 1992. El impacto ecológico y socioeconómico de la ganadería bovina en Veracruz. Pp. 79-114. En: Boege, E. y H. Rodríguez (eds.). *Desarrollo y medio ambiente en Veracruz*. Instituto de Ecología, A. C. México.
- Baskin, C. C. y Baskin, J. M.. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. En *Ecology of soil seed bank*. Capt. 4. Leck, M. A., V. T. Parker and R. L. Simpson. Academic Press Inc. USA.
- Baskin, C. C. y Baskin, J. M. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy Studies and Germination*. Academic Press Inc. USA.

- Battaglia, M. 1997. Seed germination Model for *Eucalyptus delegatensis* Provenances Germinating under Conditions of variable Temperature and water Potencial. *Australian Journal of Plant Physiology* 24 :69-79.
- Begon, M., Harper, J. L. y Townsed, C. R. 1988. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega. Barcelona España.
- Benítez, B. G. 1986. *Árboles y Flores del Ajusco*. Instituto de Ecología. México. 183 pp.
- Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9 :1055-1066.
- Bewley, J. D. y Black, M. 1985. *Seeds physiology of Development and Germination*. Plenum Press. New York, USA. 230 pp.
- Bonfil, C., Pisanti, I., Mendoza, A. y Soberón, J. 1997. Investigación y Restauración Ecológica: El caso del Ajusco Medio. *Ciencia y Desarrollo XXIII* 135 :14-23.
- Bradford K. J. 1986. Manipulation on seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience* 21:1105.
- Bradford, K. J. 1995. Water relations in seed germination. In: "Seed development and germination" (Kigel, J. y G. Galili ed), Marcell·Dekker, USA
- Bray C. M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. En: Kigel J. y Galili, G. (Eds.) *Seed development and germination*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. 767-789 pp.
- Breese, E. L. 1989. Regeneration and Multiplication of Germplasm Resources in Seed Genebanks: The scientific Background IBPFR, Gales Reino Unido.
- Brocklehurst, P.A. & J. Dearman. 1983. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion. I. Laboratory germination. *Annals of Applied Botany* 102 : 577-584
- Burlyn, E. M. 1983. Evaluation of the Water Potentials of Solutions of Polyethylene Glycol 8000 Both in the absense and Presence of Other Solutes. *Plant Physiology*. 72 : 66-70.

- Cabrera, L., Mendoza, P., Peña, V., Bonfil, C., y Soberón, J. 1997. "Evaluación de una plantación de encinos (*Quercus rugosa*) en el Ajusco Medio, D.F. " *Agrociencia*.
- Chabot, B. F. y Mooney, H. A. (editores). 1985. *Physiological plant ecology of North American plant communities*, Chapman y Hall, London, New York.
- Chambers J. C. y MacMahon J. A. 1994. A day in the life of seed: Movements and fates of seeds and their implications for natural and managed systems. *Annual Review Ecology and Systematics* 25 :263-292.
- Chojnowski, M., Corbineun, F., y Come, D. 1997. Physiological and biochemical changes induced in sunflowers seeds by osmopriming and subsequent drying storage and aging. *Seed Science Research* 7: 323-331.
- Coolbear, P. y McGill, C. R. 1990. Effects of low temperature pre-sowing treatment on the germination of tomato seed under temperature and osmotic stress. *Scientia Horticulture*. 44 :44-54.
- Currah, I. E. 1978. Plant uniformity at harvest related to variation between emerging seedlings. *Acta Horticulturae* 72 :57-68.
- Datta, K., Parker, H., Averyhart Fullard, V., Schmidt, A. y Marcus, A. 1987. Gene expression in the soybean seed axis during germination and early seedling growth. *Planta* 170 : 209-216.
- Davison, P. A. y Bray, C. M. 1991. Protein synthesis during osmopriming of leek seeds *Annals of Botany* 63 :185-193.
- Dearman, J., Bockerlhurst, J. A. y Drew, R. L. K. 1987. Effects of osmotic priming and aging on onion seed germination. *Annals of Applied Biology* 111: 712-722.
- Fenner, M. 1985 *Seed Ecology*. London. Chapman and Hall.
- Fenner, M. 1995. *Seed Development and Germination*. Library of Congress cataloging-in-Publication Data., New York, USA. 273-332.
- Fowler, L. N. 1988. What is a safe site?: Neighbor, litter, germination date and patch effects. *Ecology* 69 : 947-961

- Fujikura Y., y Karssen C. M. 1992. Effects of controlled deterioration and osmopriming on protein synthesis of cauliflower seeds during early germination. *Seed Science and Technology* 16 :197--212.
- Fujikura, Y. , Kraak, H. L., Basra, A. S. & Karssen, C. M. 1993.. Hydropriming, a simple and inexpensive priming method. *Seed Science Research and Technology*, 21 : 639--642.
- González -Zertuche, L., Orozco-Segovia, A. y Vázquez-Yanes, C. 2000. El ambiente de la semilla en el suelo: su efecto en la germinación y en la sobrevivencia de la plántula. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 65 :73--81.
- González -Zertuche, L., Vázquez-Yanes, C. (in memorian), Gamboa, A., Sánchez 59 Coronado, M. E. Aguilera, P. And Orozco-Segovia, A. 2001. Natural priming of *Wigandia urens* seeds during burial: effects on germination, growth and protein expression. *Seed Science Research* 11: 27--34.
- González -Zertuche, L., Orozco-Segovia, A., Baskin, C. And Baskin, J. M. 2002. Effects of priming on germination of *Buddleja cordata* ssp. (Longaniaceae) sedes and posible ecological significance. *Seed Science Technology* 30 : 535--548.
- González, M. M. A. 1995. Consecuencias ecológicas de la variación intraespecífica en las curvas de dispersión de semillas de una selva alta perennifolia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 80 pp.
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press. New York. 892 pp.
- Heydecker, W., Higgins, J. y Gulliver, R. L. 1973. Accelerated germination by osmotic seeds treatment. *Nature* 246 :42--44.
- Hilhorst, H. W.M. 1995. A critical update on seed dormancy, I. Primary dormancy. *Seed Science Research* 5, 61 - - 73.
- Hunt, R. (1982) *Plant Growth Curves: The Functional approach to plant growth analysis*. London, Edward Arnold.
- Kant, A.A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. In J. Janick [ed], *Horticultural reviews*, vol. 14, 131 - - 181 John Wiley, New York.

- Karssen, C. M., Haigh, A. H., Van der Toor P. y Weges R. 1990. Physiological mechanisms involved in seed priming. En: Taylorson R.B. De. *Recent advances in the developmental germination of seeds*. Plenum Press, London, New York.
- Kitajima, K. 1996 Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: Mulkey SS, Chazdon RL, Smiyh AP (eds) *Tropical forest plant ecophysiology*. Chapman & Hall, New York, 559—597 pp.
- Lalonde, L., y Bewley, J. D. 1986. Patterns of protein sintesis during the germination of pea axes, and the effects of an interrupting desiccation period. *Planta* 167 :504-510.
- Leck, M. A., Parker, V. T., y Simpson, R. L. 1989. Ecology of soil seed bank.

60
Academic Press Inc. USA.
- Maass, J. y García-Oliva, F. 1990. La conservación de los suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Ciencia y Desarrollo* 15 : 21-36.
- Margalef, R. 1973. Ecología. Omega. Barcelona.
- Medina, E. 1977. *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Organización de Estados Americanos. Washington, D. C.
- Murray, D.R. 1986. Seed Dispersal. Academic Press, Sidney.
- Nobel, P. 1988. *Environmental biology of agaves and cacti* Cambridge University Press, New York.
- Parera, C.A. & Cantliffe, D.J. 1994. Presowing seed priming. *Horticultural Reviews* 16, 109- 141.
- Parker, V. T. , R. L. Simpson & M. A. Leck 1989. Pattern and process in the dynamics of seed banks. In M. A. Leck, V. T. Parker & R. L. Simpson [eds.], *Ecology of soil seed banks*, Academic Press, London 367- 384.
- Pill, W. G., 1986. Parsley Emergence and Seedling Growth from raw, Osmoconditioned, and Pregerminated Seeds. *Hort Science* 2 : 1134-1136.
- Rao, N.K., Roberts, E. H. & Ellis, R.H. 1987. The influence of pre- storage and post-storage hydration treatments on chromosomal aberrations, seedling abnormalities and viability of lettuce seeds. *Annals of Botany* . 60: 97-108.

- Román Ibarra, R. E. 2003. Ecología de semillas y plántulas de *Abies religiosa* (HBK) Schl. Et Cham. En el Parque Nacional "Cumbres del Ajusco", D.F., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zragoza, UNAM. 50 pp.
- Ruiz-Amaro, L. 1996. Microsucesión bajo dos especies (*Sedum oxypetalum* y *Buddleja cordata*) indicadoras de distintos estadios serales en el Ajusco Medio, Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Rzedowski, J. & Rzedowski, G.C. 1985. Flora Fanerogámica del valle de México, Vol. II. Dicotiledoneae. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. 674 pp.
- Salisbury F. B. y Ross, C. W. 1994. Fisiología Vegetal 4° ed. Grupo Editorial Iberoamérica. 759 pp.
- Stewart, C. N., Jr y Porter, D. M. 1995. RAPD profiling in biological conservation: An application to estimating clonal variation in rare and endangered *Liamna* in Virginia. *Biological Conservation* 74 :135--142.
- Stoffella, P.J., M. L. Di Paula, A. Pardossi, & F. Tagnoni. 1992 Seedling root morphology and shoot growth after seed priming or pregermination of bell pepper. *Hort Sei.* 27: 214--215.
- Tarquis, A. M. y Bradford, K. J. 1992. Pre-hydration and priming treatment that advances germination also de rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of experimental Botany* 43 :307--317.
- Taylor, A. G. Klein, D.E. & Whitlow, T.H. 1988 SMP: solid matrix priming of seeds. *Scientia Horticulturae.* 37: 1 - 11.
- Thannos, C. A. y Skhordilis, T. 1987. The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halpens* and *Pinus brutia* seeds. *Seed Science and Technology* 15 :163--174.
- Thompson y Grime 1979. Seasonal variation in seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67 :893--921

Van der Valk, A. G., y R.L. Pederson. 1989. Seed banks and the management and restoration of natural vegetation., En Ecology of soil seed banks, (M. A. Leck, V. T. Parker y R. L. Simpson, eds). Academic Press, London. 329--346 pp.

Vázquez-Yanes, C., y Toledo, J. R. 1989. El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y Aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 49 : 61--69.

Vázquez-Yanes, C. 1992. La fisiología ecológica de las plantas. *Ciencias* 6 :63--68

Vázquez-Yanes, C. y Cervantes, V. 1993. Estrategias para la reforestación con árboles nativos de México. *Ciencia y Desarrollo*. 19 : 52--58.

62

Vázquez-Yanes, C. y Batis, A. 1996. Adopción de árboles nativos valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. *Boletín de la Sociedad Mexicana de México* 58 : 75--84.

Vázquez-Yanes C., Orozco-Segovia, A., Rojas-Arechiga, M., Sánchez-Coronado, M. E., y Cervantes, V. 1997. La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. Colección la Ciencia para todos. Vol. 157. 167 pp.

Veneklaas, E. J. & Poorter, L. 1995. Growth and carbon partitioning of tropical tree seedlings in contrasting light environments. Seedling growth of Bolivian rain forest tree species in relation to light and water availability. (ed. PROMAB); Cap. 4 : 41--60.

Yamamoto I., Turgeon, A. J. y Duich, J. M. 1997. Field emergence of solid matrix seed primed Turfgrasses. *Crop Science* 37 : 220--225.

Yamamoto I. Turgeon, A. J. y Duich, J. M. 1997. Seedling emergence and growth of Solid Matrix Primed Kentucky Bluegrass seed. *Crop Science* 37 : 225--229.

Zagt, R.J., Werger MJA., 1998 Community structure and demography of primary species in tropical rain forest. In Newbery DM, Brown N, Prins HHT (eds) opulation and community dynamics in the tropics. Blackwell Scientific Publishers, Cambridge. 193--220 pp.

Zheng, G.H., Wilen, R.W., Slinkard, A.E. & Gusta, L.V. (1994) Enhancement of canola seed germination and seedling emergence at low temperature by priming. *Crop Science* 34 : 1589--1593.