



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ESTABLECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE
Pinus hartwegii Lindl., EN UNA ZONA PERTURBADA
DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO MAGDALENA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

(BIÓLOGA)

P R E S E N T A:

MARIANA GUTIERREZ URIBE



**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO
2011**



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.

DATOS DEL JURADO

1.- Datos del alumno

Gutiérrez

Uribe

Mariana

56 22 82 22

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

096282429

2.- Datos del Tutor

Dra.

Silvia

Castillo

Argüero

Dra.

Mariana

Hernández

Apolinar

Dra.

María Guadalupe

Barajas

Guzmán

Dr.

Arcadio

Monroy

Ata

Dr.

José Armando Gil

Vera

Castillo

3.- Datos de la tesis

Establecimiento y supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl., en una zona perturbada de la cuenca alta del río Magdalena.

55 p

2011

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Ciencias.

A la Secretaría de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México y al Macroproyecto “Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano” (SDI-PTID-02. al proyecto PAPIIT IN200906-3, “Restauración y conservación de la Cuenca del río Magdalena, Contreras, Cd. De México, con énfasis en la utilización de hongos micorrizógenos como una herramienta ecológica”.

A mis sinodales:

Dra. Silvia Castillo Argüero
Dra. María Guadalupe Barajas Guzmán
Dra. Mariana Hernández Apolinar
Dr. Arcadio Monroy Ata
Dr. José Armando Gil Vera Castillo

Por su apoyo, paciencia y dedicación en la revisión y conclusión de este proyecto.

A Yuriana Martínez Orea (Técnico Académico) por su apoyo en el trabajo de campo y Marco Antonio Romero Romero (Técnico Académico) por su apoyo en uso de programas de cómputo.

Al grupo de Ecología de Comunidades y Suelo: a la Biol. Yuriana Martínez, M en C. Oswaldo Núñez, Biol. Jorge Zetina, M en C. Diego Olivera, M en C. Gabriela Santillán, P. de Biól. Paty Saldivar, Biol. Alba Nelly Zamarripa Neri, M en C. Juan Carlos Peña, M en C. Ernesto Delgadillo (Tillo), Dra. Irene Sánchez, M en C. Irene Sandoval, Biol. Gisella. Biól. Wendy Luna, y a todos los que en algún momento me brindaron su apoyo para la realización de este proyecto.

Pero muy en especial a la Dra. Silvia Castillo, por su paciencia, apoyo, dedicación y amor y entrega total a su trabajo profesional, mil gracias por tu aguante todo lo que me has dado. Que Dios te siga bendiciendo con salud, amor y trabajo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A Dios por darme la oportunidad de dar fin a este proyecto.

A mis padres Elvia y Bernardino, por su insistencia en la conclusión de este proyecto y por creer en mi, gracias queridos padres por su amor y paciencia.

A mi querido esposo por ser un gran amigo y mi gran apoyo en la conclusión de este trabajo.
Te amo Fernando.

A mi hijo que esta cuidándome en el cielo[†], aunque no este conmigo también te la dedico.

A mis hermanos Alejandro y María de Jesús y a mi querido Diego.

A todos mis tíos y primos, especialmente a Claudia y Roxana por sus palabras y tiempo que me brindaron durante todo este tiempo.

A la Maestra Rosita[†], Nubia, Yamel, Sybyl, Ana Mena, Rocío Medellín, Rosario, Carlina, Fabiola, Elia, Carlos, Salvador, Edgarrin, Jaime, Julián, Ernesto (Tillin), Omar, Bernardo, Enrique, Paola (PAO), Paty García; a la Sandré, Marcela, Ana Pasapera, Aimé, Tania, Rosita, Cheli, Joatzin, Jacsani, Everardo, Libo, Carlos, Ismael, Alejandro, Juan Manuel Rodríguez, Marlen, Robertomiceto (Roberto), Alfonso, Lino, Lupita García, Amanda, Diana Bermejo, Idali, Daniel, Jesús, Ing. Aguilera, Ricardo, Norma, Leopoldo, Alicia Medina, Lilita, Adriana Corach, Adriana García Cerecedo, Rosa María de Guadalupe Martínez Zúñiga, Lupita, Haydée, Adán y sus hijos, Eduardo Cortez,... y a muchos mas que de manera directa o indirectamente colaboraron en el desarrollo y conclusión de esta tesis así como su amistad durante la carrera.

INDICE

Resumen

1. Introducción

Distribución de <i>Pinus hartwegii</i>	9
Crecimiento y desarrollo de las plantas	12
Factores que determinan el crecimiento y desarrollo de las plantas	15

2. Objetivos e hipótesis 17

3. Métodos

Zona de estudio	18
Descripción de <i>Pinus hartwegii</i>	21
Ubicación de parcelas	22
Caracterización ambiental	25
Trasplante, supervivencia y crecimiento de brinzales	26
Variables ambientales	27

4. Resultados

Supervivencia	29
Crecimiento	31
Tasa Relativa de Crecimiento (TRC)	33

5. Discusión	37
6. Conclusión	45
7. Literatura citada	46
8. Anexos	55

Índice de Figuras

Figura 1. a) Estado cespitoso del genero <i>Pinus hartwegii</i>	14
Figura 2. Localización de la cuenca alta del río Magdalena en el Distrito Federal.....	18
Figura 3. Ubicación de la zona de estudio.....	22
Figura 4. Diagrama del método de muestreo y análisis.....	23
Figura 5. Esquema del establecimiento de la parcela en la Comunidad de <i>Pinus hartwegii</i>	24
Figura 6. Esquema de las parcelas donde se observa el gradiente de cobertura vegetal. Los cuadros a y c están localizados en la parte superior del cerro, con presencia de cobertura arbórea. Los cuadros b y d se localizan en la parte inferior sin presencia de cobertura arbórea.....	25
Figura 7. Esquema del método de plantación de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> , en las parcelas.....	26
Figura 8. Esquema de la ubicación de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> : bajo dosel, bajo arbusto y sin cobertura vegetal.....	27
Figura 9. Porcentaje de supervivencia de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> sembradas en microambientes cerrado y abierto en los meses de octubre de 2006 a agosto de 2007.....	29
Figura 10. Porcentaje de supervivencia de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> ubicadas en a) ladera oeste y b) zona este comparando entre ambientes abierto y cerrado.....	30
Figura 11. Crecimiento en altura y diámetro de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> en ambientes a) abierto y b) cerrado. Promedio \pm EE; letras muestran diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey).	31
Figura. 12. Crecimiento en a) altura y b) diámetro. Las letras muestran diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey, el nivel con el mayor valor en crecimiento para ambas variables fue la ladera con orientación al oeste para ambos casos.....	32
Figura 13. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en altura de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> a) ambos ambientes (abierto-cerrado) y b) ambas laderas (este-oeste).....	34
Figura 14. Tasa relativa de crecimiento (TRC) para diámetro de los brinzales de <i>Pinus hartwegii</i> a) ambos ambientes (abierto-cerrado) y b) ambas laderas (este-oeste).....	35

Índice de Figuras

Tabla 1. Valores de máximos y mínimos de las variables ambientales de las parcelas este y oeste para ambos ambientes abierto-cerrado.....	55
---	----

RESUMEN

Pinus hartwegii es una conífera que ha sido ampliamente utilizada para realizar reforestaciones en todos los bosque templados de México. Sin embargo, en la mayoría de estas acciones de restauración no se consideran las variables microambientales que podrían garantizar el establecimiento y la supervivencia de esta especie arbórea en sus primeras fases del ciclo de vida y coadyuvar a revertir el deterioro ambiental, así como a evitar pérdidas económicas. En este contexto, el objetivo del presente trabajo se centró en evaluar la supervivencia y crecimiento de brinzales de *Pinus hartwegii* bajo diferentes condiciones ambientales (i.e. ladera E y W y sitios abiertos y cerrados). Los resultados indicaron una supervivencia total de 61.25%. Al contrastar la supervivencia de los brinzales bajo distintas condiciones de luz se determinaron diferencias significativas, siendo la supervivencia mayor en las zonas cerradas (71.5%) que en las zonas abiertas (51%). Asimismo, se observaron diferencias significativas en la supervivencia de los árboles sembrados en la ladera este (58%) respecto a la ladera oeste (64.5%). En lo relativo a la tasa relativa de crecimiento (TRC), en términos de altura total y diámetro del tallo de los brinzales, se reconoció que la orientación afecta esta variable al determinarse diferencias significativas para este factor. Además, este trabajo mostró que *Pinus hartwegii* es una especie cuya TRC (en altura y diámetro), va a estar regulado principalmente por la exposición de ladera hacia el oeste y por el microhabitat.

INTRODUCCION

Distribución de *Pinus hartwegii*

Dentro de la República Mexicana, los bosques templados de pino se distribuyen en 17 estados: Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Distrito Federal, Morelos, Colima, Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Chiapas, Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Estado de México (Perry, 1991) y Coahuila, Nayarit y Guerrero (Musalém, 2000). Este tipo de vegetación ocupan una superficie total de 21 millones de hectáreas a nivel nacional (CONAF, 1998), por lo que es considerado uno de los mas importantes en el territorio nacional. Además cabe destacar que, los bosques templados de México resguardan el 40% del total de las especies de *Pinus* a nivel mundial (Iglesias, *et al.* 2006) y el 85% de estas son endémicas (Villers *et al.* 1998).

De entre las 50 a 70 especies y subespecies que se distribuyen en el país, *P. hartwegii* se destaca porque sus poblaciones se ubican en la zonas mas elevadas de las Sierras, cuyas cotas altitudinales van desde los 2900 hasta los 4200 m snm, correspondiendo esta ultima al límite altitudinal arbóreo en México (Perry, 1991). A esta elevada altura, los terrenos se caracterizan por presentar una topografía muy irregular y heterogénea (Iglesias y Tivo, 2006), por lo que *P. hartwegii* se puede encontrar en terrenos planos, en laderas con poca pendiente y en sitios con pendientes muy pronunciadas, como en cañadas.

Cabe destacar que, *P. hartwegii* tiene la capacidad de crecer en las zonas mas frías de los bosques de México, siendo una de las pocas especies mexicanas que es funcional y resiste dichas condiciones ambientales (Musalem, 2000 y Viveros *et al.* 2007). No obstante, algunos brinzales y juveniles se ven afectadas por las bajas temperaturas, las cuales puede llegar incluso a matar a estos individuos (Vera y Rodríguez, 2007; Viveros y Vargas, 2007). Asimismo,

la condiciones ambientales extremas pueden causar la ruptura del meristemo apical y lo cual ocasiona la reducción de su crecimiento vegetativo o malformaciones en los tallos. Esta últimas hacen a los individuos más susceptibles a la infección de hongos y otros patógenos (Musalem, 2000 y Viveros *et al.* 2007).

Caballero (1967) y Musalém (2000) mencionan que los bosques de *P. hartwegii* que se encuentran al sur de la Ciudad de México ofrecen diversos servicios ecosistémicos, como son la infiltración y el abastecimiento de agua, la reducción de la erosión y compactación del suelo, el balance de la regulación hídrica, la purificación del aire, la fijación de carbono; así como, diversos productos no maderables y maderables, entre otros (Sánchez *et al.* 2006). Con respecto a éste último punto, los bosques de *P. hartwegii* cobran importancia económica al ser utilizados en la producción de celulosa y papel.

A pesar de la importancia biológica y económica de estas comunidades, lamentablemente el manejo forestal inadecuado, así como el incremento en las actividades antropogénicas han provocado su deterioro, fragmentando las zonas boscosas de esta especie (García 2002; Iglesias y Tivo, 2006; Iglesias *et al.* 2006 y Sánchez *et al.* 2003). Al respecto, los bosques de pino en México presentan una alta tasa de deforestación estimada alrededor de 212 mil hectáreas por año originadas por Incendios, plagas y enfermedades, desmontes agrícolas, cambio de uso de suelo y tala clandestina ocupando el cuarto lugar en América Latina (Iglesias *et al.* 2006).

Esta problemática se agrava cuando se habla sobre las poblaciones de *P. hartwegii* en las serranías del Ajusco y en las Cruces que rodean la Ciudad de México. En estos sitios, la capacidad de regeneración natural del bosque enfrenta diversas amenazas como es el cambio de uso del suelo, cambios en la estructura de la vegetación, pérdida de zonas de recarga de

acuíferos, degradación de los bosques y destrucción de hábitats; además de enfrentar problemas relacionados a la contaminación del aire y suelo. En este contexto, *P. hartwegii* es considerada como una de las coníferas más vulnerables, debido a la acción de diversos contaminantes que ocasionan la reducción de su crecimiento y que además afectan ciertos procesos fisiológicos provocando necrosis y senescencia foliar prematura (Cruz 2007, de Bauer y Hernández, 2007 y Pérez *et al.* 2006). Además por tratarse de una especie endémica (Iglesias y Tivo, 2006) y de distribución restringida, la exposición a los procesos antropogénicos de la región incrementa el riesgo de extinción local de los bosques de *P. hartwegii* y, no solo eso, también de la flora y fauna asociada a este tipo de vegetación (García, 2002 y Sánchez *et al.* 2003).

Particularmente en el Ejido de Magdalena Atlitic, Contreras, DF, uno de los problemas más graves que afecta considerablemente la supervivencia del arbolado joven de la comunidad de *P. hartwegii* es el pastoreo de ganado doméstico y la presión por roedores. No solo esto, los bosques de *P. hartwegii* son tierra de uso forestal que desafortunadamente presentan cierto grado de deterioro, ya que en la actualidad gran parte de sus manantiales son explotados para el abastecimiento de agua de la zona urbana y no presentan ningún tipo de cuidado, ni tampoco existe una implementación de un plan de manejo adecuado (Cuadros, 2001).

Afortunadamente, existe gran interés por parte de distintas organizaciones y grupos de vecinos en conservar el río Magdalena y la vegetación asociada, la cual incluye la comunidad de *P. hartwegii*. Por esta razón, el gobierno local junto con diferentes instituciones públicas, entre ellas la Universidad Nacional Autónoma de México participaron en el plan maestro de la cuenca del río Magdalena”, cuyo fin es promover diversos estudios y estrategias que impulsen y

ayuden a su conservación enfatizando en la importancia biológica, ecológica y social que generan estas zonas boscosas para su conservación (SMA-GDF, UNAM, 2008).

En el contexto actual y dado el riesgo potencial de la pérdida de esta cubierta vegetal, la presente tesis contribuye a establecer lineamientos que permitan la regeneración y establecimiento de *P. hartwegii* y con esto favorecer su regeneración y conservación. De esta forma, la tesis tuvo como objetivo general ofrecer alternativas para futuros proyectos de restauración en la comunidad de *P. hartwegii* a mediano y largo plazo donde se consideren los factores ambientales (como la luz, la orientación de laderas, la temperatura) más importantes que ayuden de alguna manera a generar estrategias de reforestación más viables para este tipo de vegetación. Cabe destacar que, la presente investigación formo parte del subproyecto de restauración de Megaproyecto “Manejo de Ecosistemas y Desarrollo Humano”, cuya finalidad fue generar información que impulse planes de acción y material de comunicación y educación ambiental (Jujnovsky *et al.* 2007), necesarios para cubrir las demandas y necesidades de los habitantes de la cuenca.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS

El crecimiento y desarrollo son dos eventos que resultan de procesos bioquímicos y fisiológicos presentes en un organismo (Ruedas, 1999), pero aunque son procesos combinados, se manifiestan de distinta forma. El crecimiento es el aumento de tamaño en el organismo (Ruedas, 1999) y al mismo tiempo un proceso de diferenciación celular (Hess, 1980). El desarrollo se define como un cambio progresivo ordenado o complejo que implica procesos graduales o abruptos en la vida de la planta (Bidwell, 2002).

Para determinar la tasa de crecimiento de un organismo, se han elaborado modelos matemáticos que permiten evaluar el crecimiento bajo ciertos parámetros ambientales; si se mide una estructura vegetal en forma continua en el tiempo, se obtiene una curva en forma de "S" (sigmoideo), donde su análisis se divide en tres fases: a) logarítmica o exponencial, es decir, que existe un aumento de tamaño de manera rápida; b) lineal, donde el crecimiento es constante y c) envejecimiento o senilidad, donde su crecimiento declina (Bidwell, 2002; Ruedas, 1999).

El crecimiento en las plantas se presenta de manera discontinua y se asocia al tejido que permanece en estado embrionario llamado meristemo, los cuales pueden diferenciarse en: a) apicales, presentes en el ápice o punta de la raíz o partes aéreas que dan lugar al crecimiento primario o en longitud, b) laterales, presentes en tallos leñosos y raíces, dando lugar al crecimiento secundario o en grosor, y c) axilares y yemas que se pueden dar lugar a nuevas hojas, tallos o flores (Salisbury y Ross, 1992).

La importancia de conocer la tasa de crecimiento relativa (TRC) de una planta es con el objeto de conocer la velocidad con la que los individuos incrementan su altura y/o grosor del tallo (Daniel, 1982; Rojas, 1993), además de poder observar las fluctuaciones a través del tiempo en cada una de las fases de desarrollo (Bidwell, 2002). La TRC está afectada por la funcionalidad y/o resistencia que tengan los brinzales durante su desarrollo, ante ciertos factores ambientales que actúan sobre patrones fisiológicos que varían dependiendo de la especie (García *et al.* 1999).

El género *Pinus* presenta un crecimiento muy peculiar, pues se caracteriza por presentar dos estados o estrategias: no cespitoso y cespitoso (*grass stage*); el primer caso se caracteriza porque los brinzales crecen en longitud, presentando hasta tres verticilos (Daniel, 1982), en el

segundo caso, la apariencia de los brinzales es similar a un cúmulo de hierba, el cual muestra un crecimiento mínimo o casi nula elongación anual del epicotilo; *P. hartwegii*, presenta particularmente un crecimiento cespitoso, donde el sistema radicular se caracteriza por ser extensivo; es decir, hay una alta proliferación de raíces, las cuales almacenan nutrientes, asegurando la supervivencia de los brinzales (Daniel *et al.* 1982; May, 2001; Viveros *et al.* 2007 y Rodríguez *et al.* 2004) (Figura. 1). Los brinzales con este crecimiento alcanzan alturas de 15 a 30 cm en la primavera y el resto del año su crecimiento lo invierte en el aumento de su biomasa, que se manifiesta en el grosor del tallo sin la formación de anillos de crecimiento (Daniel *et al.* 1982; Perry, 1991, Viveros *et al.* 2007). Ortega y Rodríguez, 2007, mencionan que en brinzales de gran tamaño en estado cespitoso, necesitan alcanzar una talla mínima de 2 cm de diámetro para iniciar su crecimiento en altura. De acuerdo con Haywood (2005), este tipo de crecimiento define la fase juvenil de varias especies de pino, por lo que a su término se dispara el crecimiento del tallo y la corteza, el cual puede durar de 2 a 6 años (Calderón, *et al.* 2006) o hasta los 12 años (Rodríguez *et al.* 2004).



Figura 1. Estado cespitoso del genero *Pinus hartwegii*.

FACTORES QUE DETERMINAN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS PLANTAS

Los factores que intervienen en el desarrollo de las plantas son las condiciones microambientales que se crean en el entorno de estas y que difieren significativamente del clima en general del área (Padilla, 1987).

De acuerdo con Liu y Burkhart (1992), la heterogeneidad microambiental, generada por los herbívoros, parásitos, patógenos y la cobertura vegetal, entre otros factores, causan variaciones en el tamaño de la planta. Respecto al ambiente físico League y Veblen (2006) y Sánchez *et al.* (2006) señalan que la luz a nivel local se convierte en un recurso muy importante para el establecimiento, crecimiento y la supervivencia de brinzales.

Vera y Rodríguez, (2007) apoyan esta aseveración al reconocer que la apertura del dosel, favorece el crecimiento en altura del arbolado joven. Al respecto, es común entre las prácticas silvícolas el preaclareo y aclareo, que permiten a través de la eliminación de ramas e individuos el paso de luz al sotobosque con lo cual se promueve el crecimiento del arbolado joven (Daniel, 1982).

El suelo, al modificar sus propiedades físicas o químicas, es considerado como un factor limitante ya que provoca, la reducción del potencial productivo afectando los procesos fisiológicos como necrosis, senescencia foliar prematura y así como la reducción del crecimiento del diámetro registrado en *Abies religiosa* y *P. hartwegii* (Cruz, 2007 y Pérez *et al.* 2006). Por otro lado, la cantidad y la disponibilidad de nutrientes del suelo, determinan la calidad del sitio y su fertilidad. Dichas propiedades se deben a los ciclos de nutrientes que se ven influenciados por la lixiviación, quema, explotación forestal y erosión. Los recursos esenciales más importantes que limitan el desarrollo de las coníferas son nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K).

Además la supervivencia vegetal va a depender de la profundidad y de los niveles de fertilidad del suelo que interviene en el desarrollo del sistema radical, el cual se limita en suelos compactos (Domínguez *et al.* 2001).

Simkin *et al.* (2004), argumentan que la temperatura difiere temporalmente, a nivel de microclima, y que los cambios en la temperatura del suelo pueden repercutir en el establecimiento de la planta, ya que pueden determinar la actividad radícula afectando al crecimiento y supervivencia vegetal, a través de la desecación por déficit de agua o escasa absorción de ésta y las altas tasas de transpiración.

Rodríguez *et al.* (2004), mencionan que *P. hartwegii* resiste condiciones extremas de incendios, puesto que el fuego es un factor que favorece el crecimiento radial del tallo y de las hojas. Sin embargo, Musalem (2000) sostiene que el fuego tiene un efecto negativo importante al afectar las tasas de crecimiento en individuos jóvenes de esta especie. La presencia de hongos micorrizógenos es otro factor que favorece la supervivencia de los brinzales, al promover la absorción de agua y nutrientes y al otorgar protección contra patógenos radicales.

Por otro lado, se sabe que los factores bióticos como la herbivoría, la competencia, la alelopatía, entre otros, afectan la supervivencia de los brinzales. Asimismo, la supervivencia de los pinos y su crecimiento se ve afectado por las condiciones ambientales locales como la erosión, contaminación de suelo, agua y aire, pastoreo de ganado doméstico, la depredación por la fauna de la zona y los incendios forestales (League y Veblen, 2006; Mendoza, 1994; Nájera y Bermejo, 1999; Pérez *et al.* 2006).

2. OBJETIVOS E HIPOTESIS

El objetivo general del presente trabajo es determinar las condiciones que favorecen el establecimiento y supervivencia de *Pinus hartwegii* en una zona perturbada en la Cuenca del Río Magdalena.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar si hay diferencias en el crecimiento y supervivencia en diferentes condiciones ambientales en campo como el microclima y la orientación de laderas.
- Proponer que condiciones ambientales son mas favorables para el establecimiento de los brinzales de *Pinus hartwegii*.

HIPÓTESIS

En la zona existen evidentes diferencias microambientales por lo que se espera que haya mayor crecimiento en la zona con mayor radiación solar y mayor supervivencia en zonas cerradas, por lo que los factores que determinarán el establecimiento y supervivencia de la especie en estudio será la exposición de ladera, la cobertura.

3. MÉTODOS

Zona de estudio

La cuenca del Río Magdalena, cuenta con 3,000 ha de vegetación natural representados por bosque de encino (*Quercus sp*), bosque de oyamel (*Abies religiosa*) y pino (*Pinus sp.*) (Almeida *et al.* 2007, Flores, 2006).

La cuenca alta del Río Magdalena se ubica en la Cordillera Volcánica Transmexicana, situada al sur del Distrito Federal entre los paralelos 19° 18' 47" y 19° 12' 47" latitud norte y 99° 14' 17" y 99° 19' 06" longitud oeste y forma parte de la Cuenca de México en la vertiente occidental de la Sierra de las Cruces. Limita al norte con la zona urbana de la delegación Magdalena Contreras, al este, sureste y la porción del sur- sureste colinda con las montañas boscosa del Ajusco de la delegación Tlalpan, hacia el oeste con la delegación Álvaro Obregón y en el límite extremo con el Estado de México (Figura 2) (Ávila-Akerberg, 2002).

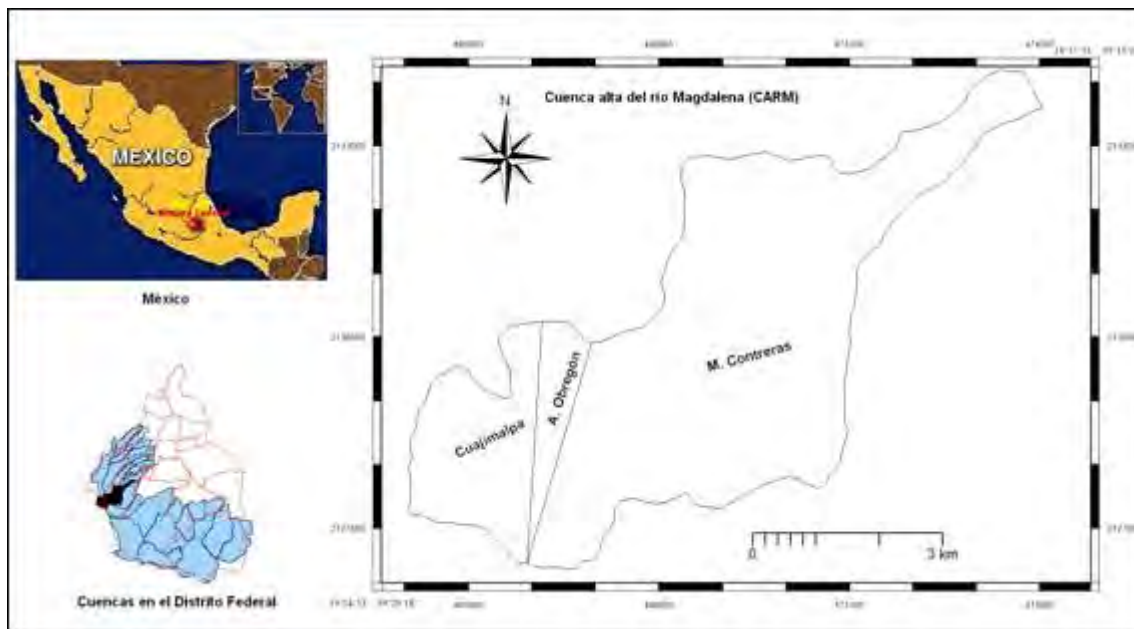


Figura 2.- Localización de la cuenca alta del río Magdalena en el Distrito Federal (Santibañez-Andrade, 2009)

Dentro de la división política de la Ciudad de México, esta Cuenca se localiza en la Delegación Magdalena Contreras. Esta delegación junto con Álvaro Obregón, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco, se caracterizan por presentar una zona urbana y suelo de conservación. En este último se encuentran áreas de uso agrícola y forestal (v.g. de protección, de protección especial, de conservación y de conservación especial, PGOEDF, 2000). El suelo de conservación en la delegación Magdalena Contreras se limita de la zona urbana a los 2 570 m.s.n.m.(Álvarez, 2000 y Flores, 2006). Esta zona ecológica ocupa una superficie de 6,153 ha (72%; PGOEDF, 2000), de las cuales políticamente, la cuenca alta del Río Magdalena ocupa el 78% de la delegación (Ávila-Akerberg, 2002), abarcando 3000 ha del suelo de conservación (Almeida *et al.* 2007.). Además forma parte de un relieve montañoso que presenta una altitud mínima de 2500 m de altitud en el norte y en el sur un máximo de 3810 m (Álvarez, 2000).

En el suelo de conservación de la Delegación Magdalena Contreras, cuenta con una superficie ejidal de 5491 ha de las cuales el 80% corresponden a bosques, 11% para uso agrícola y 6.1% de pastos naturales y agostaderos (Cuadros, 2001).

Se localizan numerosos escurrimientos principales, como el río Magdalena y el río Eslava. Estos escurrimientos descienden de las colinas de la Sierra Volcánica de las Cruces por la ladera norte hacia el interior de la cuenca endorreica del Valle de México, los cuales integran la red de drenaje de los Dinamos y escurrimientos secundarios. (Álvarez, 2000), conformando los principales ríos vivos que quedan en la Ciudad de México (Ávila-Akerberg, 2002).

Los suelos que predominan son andosoles, podzol, litosol (Mendoza, 1994), pero también se le halla sobre pedregal en algunos casos (Programa de Conservación, 2004 y Rodríguez *et al.* 2004). Se reporta un pH de 4.1 a 4, materia orgánica de 8-15% a muy alto (15-

30 %), con una textura de tipo franco (Jujnovsky, 2003). Son suelos jóvenes que carecen de perfiles y características bien definidas (Espinoza, 2005 y Jujnovsky, 2003).

El clima es Cb' (w2) (w) (b') i g. (templado húmedo con lluvias en verano) con temperatura media anual varía entre 5 y 12 °C (Espinoza, 2005). Las temperaturas máximas se registran desde marzo hasta octubre, siendo mayo el mes más caluroso y diciembre el mes más frío (Álvarez, 2000 y Espinoza, 2005). En Álvarez, (2000), de acuerdo al registro meteorológico de la estación Monte Alegre (una de las tres estaciones meteorológicas ubicadas en la delegación Magdalena Contreras, a 3452 m de altitud), señala una temperatura media anual de 8.1 °C. De acuerdo a la estación meteorológica Monte Alegre (reportada por Álvarez, 2000), se registra una precipitación media anual de 1341.1 mm. Durante el verano, que es la época más caliente del año, se ha registrado la máxima pluviométrica, la cual llega a los 1054.8 mm (78.65%). La época de lluvias se presenta desde el mes de abril hasta octubre. El porcentaje de lluvia invernal es menor del 5% con respecto a la total anual y los porcentajes altos de lluvia para el período mayo-octubre varía del 80 al 94% de la lluvia total anual (Espinoza, 2005). La época de secas no es muy severa en el sistema montañoso del Distrito Federal, por que la barrera orográfica de las Cruces, ayuda a la presencia de precipitaciones ligeras y humedad generada por las corrientes provenientes del Golfo de México (Álvarez, 2000).

En la Cuenca del Río Magdalena, se ubican principalmente tres comunidades vegetales: bosque de encino, bosque de oyamel y bosque de pino, las cuales se caracterizan por el predominio de elementos holárticos en el estrato arbóreo y neotropicales en los estratos arbustivo y herbáceo, formando un complejo mosaico con los elementos autóctonos (Flores, 2006).

La comunidad de *Pinus hartwegii* se establece desde 3 600 a los 3 750 m s.n.m. (Flores, 2006). En esta comunidad, Ávila-Ackerberg (2002) reporta para la zona un total de 532 especies vegetales que pertenecen a 92 familias y 274 géneros. Las familias con mayor número de especies son Asteraceae 14%, Poaceae 8%, Cruciferae 4% y Fabaceae 4% y las de mayor número de géneros son Asteraceae 39, Poaceae 21, Cruciferae 12 y Fabaceae 12. Los géneros con más especies en el área son *Eupatorium* 13, *Senecio* 13 y *Salvia* 12. El estrato herbáceo es el que presenta mayor número de especies con aproximadamente el 68% (361 especies.) seguido del arbustivo con 13% (70 spp.), el arbóreo con 10% (55 spp) y los estratos restantes (herbáceo y rastrero) con 8% (45 spp, Flores, 2006).

DESCRIPCION DE *Pinus hartwegii* Lindl.

Pinus hartwegii, es conocido como pino de las alturas, porque es la única especie que se puede establecer en el límite de la vegetación arbórea, entre los 3000 y hasta los 4200 metros de altitud. Llega a medir de 5 a 30 metros de altura, con un diámetro hasta de 1 m, su corteza es de color rojo o café, presenta amplias fisuras verticales y horizontales, moderados pliegues escamosos; en árboles jóvenes su corteza es áspera y surcados pero no está dividida en pliegues. Sus ramificaciones son gruesas, rígidas, erectas, ásperas y de color café. Sus hojas son de color verde claro y generalmente se encuentran en fascículos de 3 y con frecuencia de 4 y 5 (Perry, 1991), y llegan a medir de 8 a 16.5 cm de largo,; los bordes son aserrados con denticillos muy pequeños y próximos (Musalem, 2000).

Este pino crece en suelos profundos ricos en materia orgánica, con buen drenaje, del tipo Andosol, combinados con Cambisol y Feozem (Ávila-Akerberg, 2004), con textura tipo franco (Jujnovskyi, 2003). Los bosques con estas condiciones de suelo se caracterizan por presentar

climas templados, subhúmedos con pocas lluvias en invierno, del tipo Cwc (semifríos húmedos con veranos cortos) y las precipitaciones oscilan entre los 700 a 1800 mm y la máxima precipitación es de 1000 a 1200 mm durante los meses de junio y julio.

Pinus hartwegii, una especie que es apta para llevar a cabo reforestaciones en las zonas templadas montañosas (Perry, 1991), debido a su capacidad de resistir muy bajas temperaturas, no siendo esto impedimento para el establecimiento y crecimiento (Musalem, 2000).

UBICACIÓN DE PARCELAS

Las parcelas se encuentra en la zona de Cieneguillas ubicada en las coordenadas, 19° 14' 96'' latitud norte y 99° 19' 89'' latitud oeste; a 3,408 metros de altitud (Figura 3) y se localiza en una ladera moderadamente inclinada que varía entre los 0° a 45°, con orientación hacia el norte y noroeste en el extremo sur y otra con orientación hacia el sureste en la parte oeste de la misma.

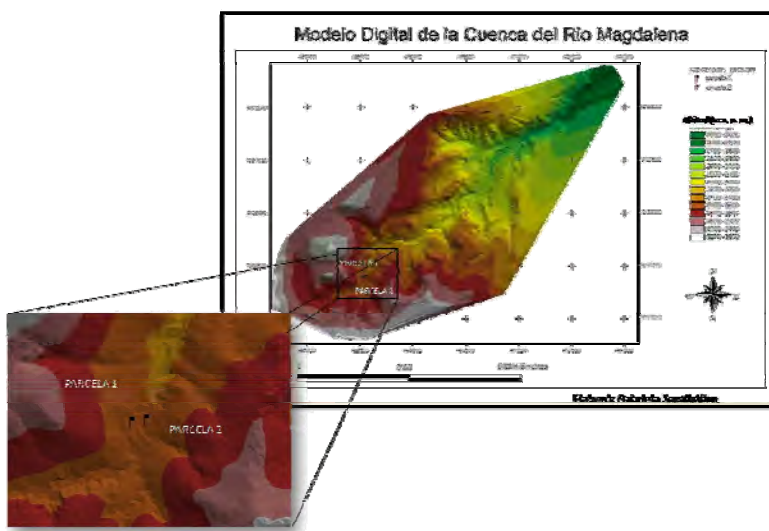


Figura. 3 Ubicación de la zona de estudio

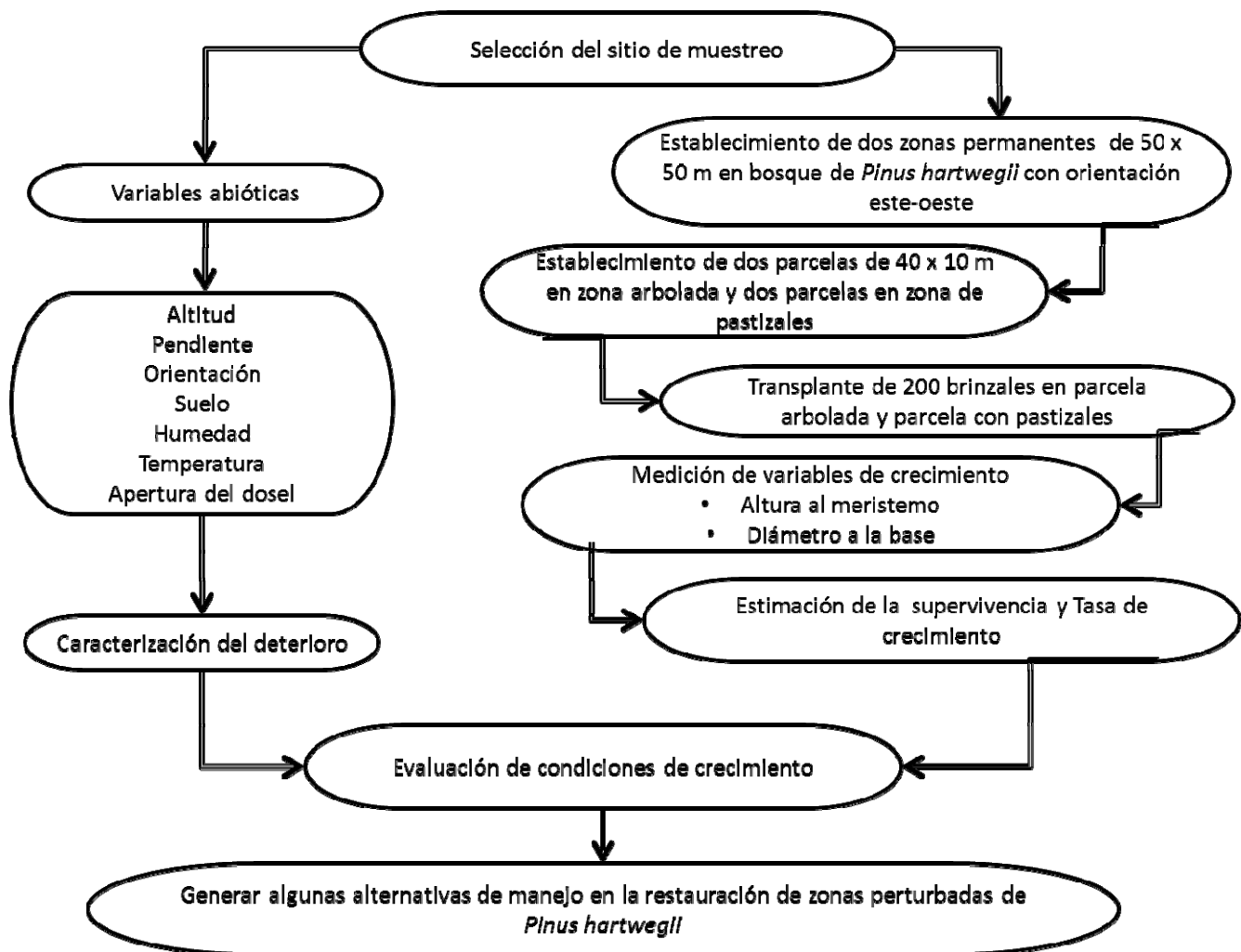


Figura 4. Diagrama del método de muestreo y análisis.

El diagrama de la figura 4 muestra el método de trabajo que se siguió en este proyecto el cual se mencionan las variables que se midieron tanto ambientales como las variables que se utilizaron para análisis de crecimiento y supervivencia de los brinzales.

En la Cieneguillas, existe variación en la estructura de la vegetación, la cual esta asociada al gradiente de la pendiente. En la zona más alta se observa una cubierta arbórea, por lo que de ahora en adelante se denomina zona cerrada; mientras que en la parte baja domina el estrato arbustivo y herbáceo, por lo que se nombró zona abierta (Figura 5).

Estas dos zonas contrastantes se establecieron dos áreas permanentes de 50 x 50 m, para evaluar el crecimiento y la supervivencia de *P. hartwegii*. Las cuales se colocaron con distinta orientación este-oeste y se encuentran sobre una pendiente en donde la zona más alta del cerro es de 15° y 19° y en la zona baja con 5° y 3° de inclinación. Al interior de estas áreas se establecieron cuatro parcelas de 40 x 10 m (figura 5), es decir dos replicas por condición.

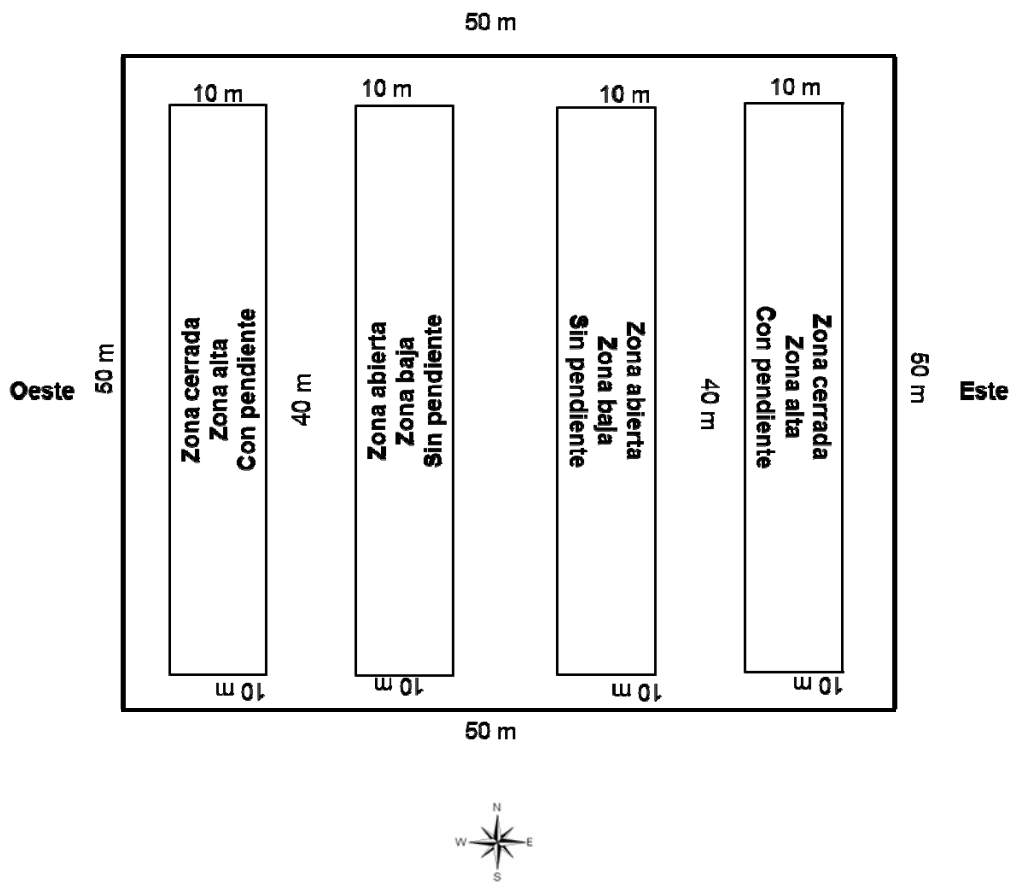


Figura 5. Esquema del establecimiento de la parcela en la Comunidad de *Pinus*.

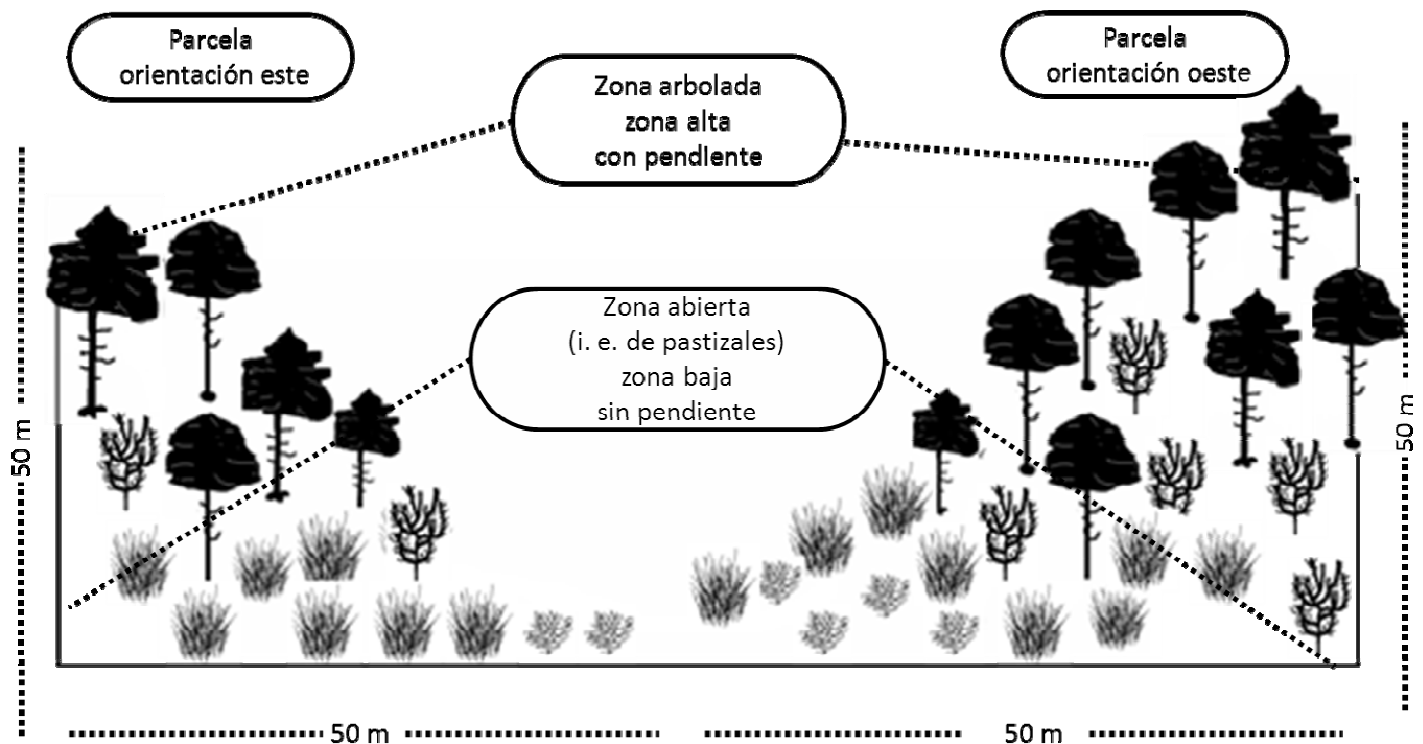


Figura 6. Esquema de las parcelas donde se observa el gradiente de cobertura vegetal. Los cuadros a y c están localizados en la parte superior del cerro, con presencia de cobertura arbórea. Los cuadros b y d se localizan en la parte inferior sin presencia de cobertura arbórea.

CARACTERIZACION AMBIENTAL

La caracterización ambiental de cada parcela fue descrita a partir de su orientación (este-oeste), humedad, temperatura, pendiente y características edáficas (nitrógeno (N), fósforo (P) y capacidad de intercambio catiónico (CIC)). Para obtener la información de humedad y temperatura, se colocaron de manera aleatoria dos medidores de temperatura y humedad relativa (HOBOS), los cuales fueron registrando las variaciones diarias de ambas variables. La pendiente se midió con la ayuda de un clisímetro. En cada parcela el pH, la materia orgánica (MO) %, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) total y disponible se evaluó a partir de muestras compuestas de suelo. Para conformar cada muestra

se colectaron diez submuestras de suelo al azar y en cada sitio se midió la profundidad del suelo. Se transfirió la información de los medidores ambientales (HOBOS) a una base de datos y se calculó el promedio mensual de la temperatura y de la humedad por parcela.

La intensidad de luz se midió mensualmente para lo cual se consideraron 18 puntos de manera sistemática en cada parcela, alternando esta variable entre líneas de plantación (primer, tercer y quinta línea y en el inicio, parte media y final de la parcela) para tomar valores de intensidad lumínica a dos niveles sobre la plántula: suelo y a un metro de altura. Esto se realizó con la ayuda de un sensor fotométrico LI-210SA de la marca LI-COR. Las unidades en que se midió la radiación solar fueron ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

TRASPLANTE, SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE BRINZALES

Los brinzales que se transplantaron fueron proporcionadas por el vivero que depende de la Comisión de Recursos Naturales de la Secretaría del Medio Ambiente (CORENA). Las cuáles tenían antes del trasplante una edad de 8 meses con una altura entre 13.5 y 20 cm; Los brinzales fueron plantadas de acuerdo con el método de tres bolillo con un espaciamiento de 2 x 2 m entre líneas de plantación y 1.5 m, entre cada planta (Figura 7).

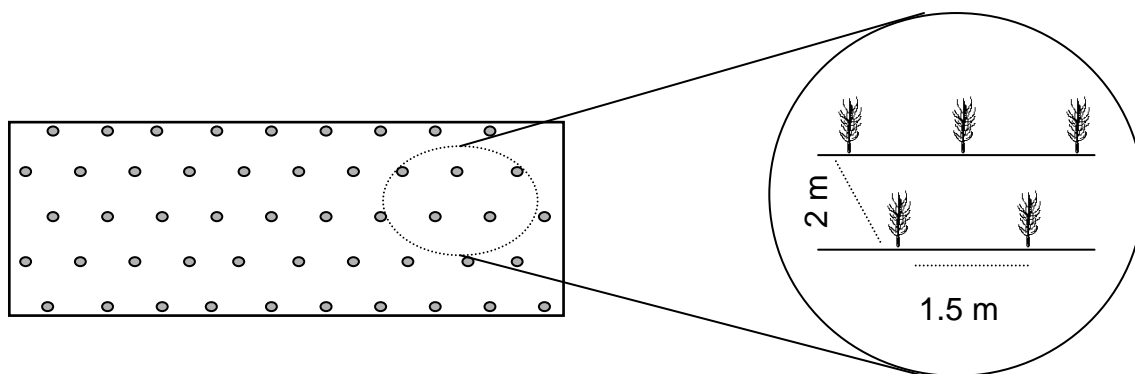


Figura 7. Esquema del método de plantación de los de *Pinus hartwegii*, en las parcelas.

Se transplantó un total de 400 brinzales, 200 a la parte superior y 200 a la zona baja de la ladera, correspondiendo a cada área. Para facilitar la toma de datos a lo largo de octubre del 2006 a septiembre de 2007, la ubicación de cada plántula en las parcelas, se registró en un mapa con ejes de coordenadas XY para caracterizar el microambiente de cada una, es decir las ubicadas bajo dosel (zona cerrada) y si estaban cerca del zacatón o expuestas sin cobertura vegetal (zona abierta) así como las ubicadas en la ladera este y ladera oeste.

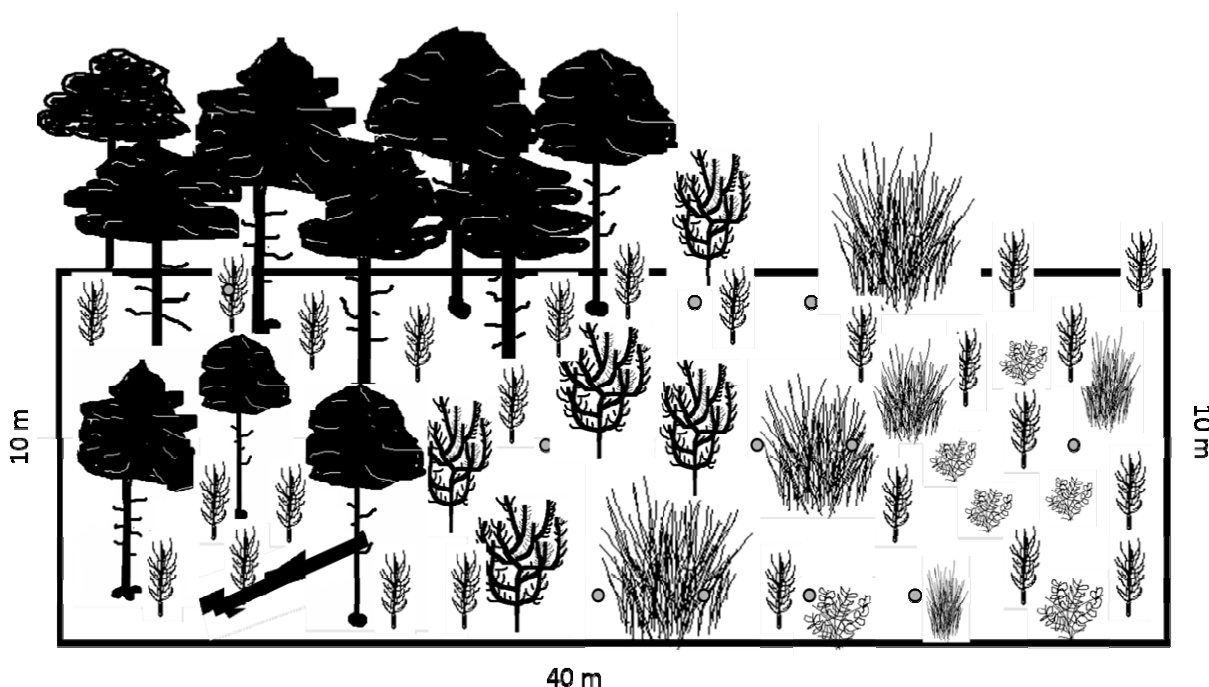


Figura 8. Esquema de la ubicación de los brinzales de *Pinus hartwegii*: bajo dosel, bajo arbusto y sin cobertura vegetal.

VARIABLES AMBIENTALES

Se realizó un seguimiento mensual de la supervivencia de los brinzales tomando como primera medición el mes de octubre de 2006, considerando a partir de este mes el número de brinzales vivos. Se comparó el porcentaje de supervivencia en ambas parcelas (este y oeste) así como aquellos individuos ubicados bajo dosel (cerrado) de aquellos expuestos al sol

(abierto). Previo al análisis, a dichos datos se realizó una transformación logarítmica para cumplir con los criterios de normalidad. Posteriormente, se analizaron mediante la prueba de Peto y Peto, (Pyke y Thompson, 1986), con el fin de comparar posibles diferencias significativas en la supervivencia de los brinzales ubicados en ambas laderas, así como en ambientes cerrados y abiertos.

Mensualmente se midió a cada plántula el diámetro a la base del tallo (DAB), la altura al meristemo (AM) y la altura total (AT). Se hizo un análisis de varianza (ANOVA) con el objeto de explicar las diferencias en el crecimiento en altura y diámetro con respecto a la orientación de laderas, entre ambientes (abierto y cerrado) y en el tiempo. Se utilizó el paquete estadístico STATISTICA 8 (Stat Soft, 2007).

Se calculó la tasa relativa de crecimiento (TRC) para diámetro (DAB) y altura (AM) para los brinzales de cada una de las parcelas (este-oeste) y con distintos microhabitats (zona abierta y cerrada), a partir de la siguiente formula:

$$TRC_a = \frac{\ln Alt t_2 - \ln Alt t_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

$Alt t_1$ corresponde a la altura y diámetro (mm) inicial y

$Alt t_2$ es la altura y diámetro final,

t_1 se refiere al tiempo inicial (días) y

t_2 al tiempo final.

4. RESULTADOS

Supervivencia

De las 400 brinzales transplantados de *P. hartwegii* después de un año de muestreo, sobrevivieron en total 245 individuos. La prueba de Peto y Peto indicó diferencias significativas en la supervivencia de los brinzales entre los microambientes cerrado y abierto ($X^2_{gl=10}; P \leq 0.01 = 5.02$). La mayor supervivencia correspondió a la zona cerrada con 143 brinzales al final del año. La figura 10 muestra el comportamiento de la supervivencia en esta zona, donde a los 210 días (mayo) se registró un porcentaje del 89% después de su siembra (178 brinzales), manteniéndose así en los siguientes 240 días (junio). A los 270 días (julio) la supervivencia fue del 77% (153 brinzales). Al final del estudio, a los 300 días (agosto) la supervivencia total registrada fue del 72% (143 brinzales).

La supervivencia fue menor en la zona abierta, pues de los 200 brinzales que se sembraron sobrevivieron 102 (51%). A los 150 días (marzo), el porcentaje de supervivencia fue del 85% (170 brinzales) y a partir de este mes la supervivencia descendió drásticamente durante los cinco meses posteriores a los 300 días (agosto).

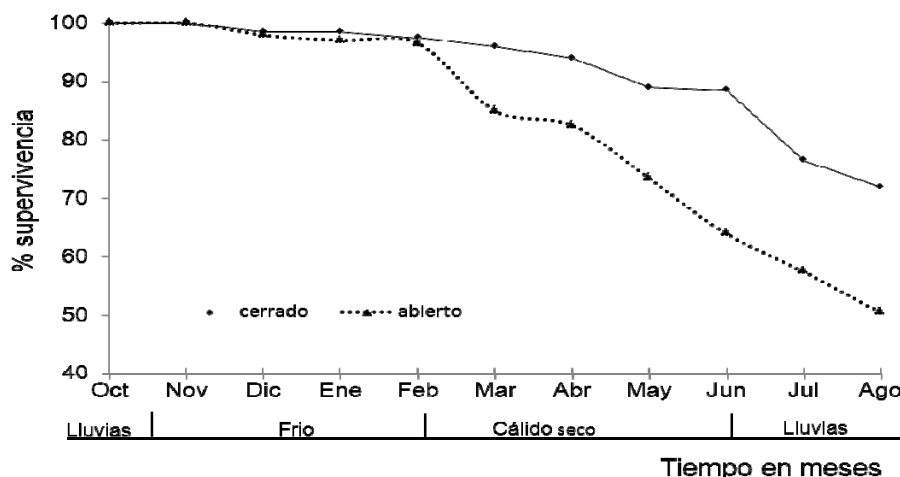


Figura 9. Porcentaje de supervivencia de los brinzales de *Pinus hartwegii* sembradas en microambientes cerrado y abierto en los meses de octubre de 2006 a agosto de 2007.

En el caso del establecimiento de los brinzales ubicados en el microambiente denominado zonas cerrada entre las laderas este y oeste con la prueba de Peto y Peto indicó que si hay diferencias significativas en la supervivencia de los brinzales entre las laderas este y oeste ($X^2_{gl=10}; P \leq 0.05 = 3.84$) Cabe señalar que la supervivencia en la ladera orientada al oeste fue mayor (64.5%) con 129 individuos, en cambio la supervivencia en los brinzales ubicados en la ladera este fue (58%) a los 300 días (agosto). Comparando entre ambientes, en la zona cerrada de la ladera este tuvieron supervivencia (65%) siendo menor que la encontrada en la ladera oeste (76%). Así mismo, en la zona abierta en los brinzales situados en la ladera este fue del 66% mayor que los ubicados en la ladera oeste con un 36% a los 300 días (agosto).

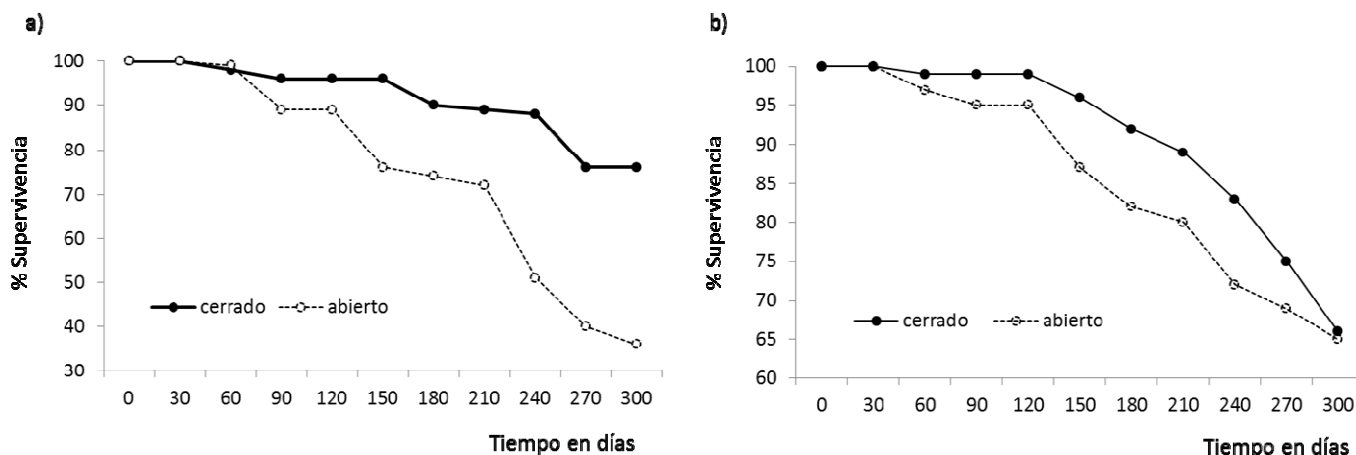


Figura 10. Porcentaje de supervivencia de los brinzales de *Pinus hartwegii* ubicadas en a) ladera oeste y b) zona este comparando entre ambientes abierto y cerrado.

CRECIMIENTO

DIFERENCIA ENTRE AMBIENTES (ABIERTO-CERRADO)

El análisis de varianza, mostró diferencias significativas ($F_{1,2660}=3.253$, $P<0.005$, $gl=1$), en el crecimiento en altura entre los dos ambientes contrastantes bajo estudio (abierto-cerrado). El mayor crecimiento se observó en los brinzales sembrados en los microambientes abiertos (126.7 mm de altura) que en los de ambientes cerrados (123.91 mm) (Figura. 11a). También se observaron diferencias significativas ($F_{1,2660}=18.626$, $P<0.005$, $gl=1$), con relación al crecimiento en diámetro. El valor de esta variable de respuesta fue mayor para los brinzales ubicados en ambientes cerrados (10.60 mm) que para aquellos ubicados en ambientes abierto (10.52 mm) (Figura 11b).

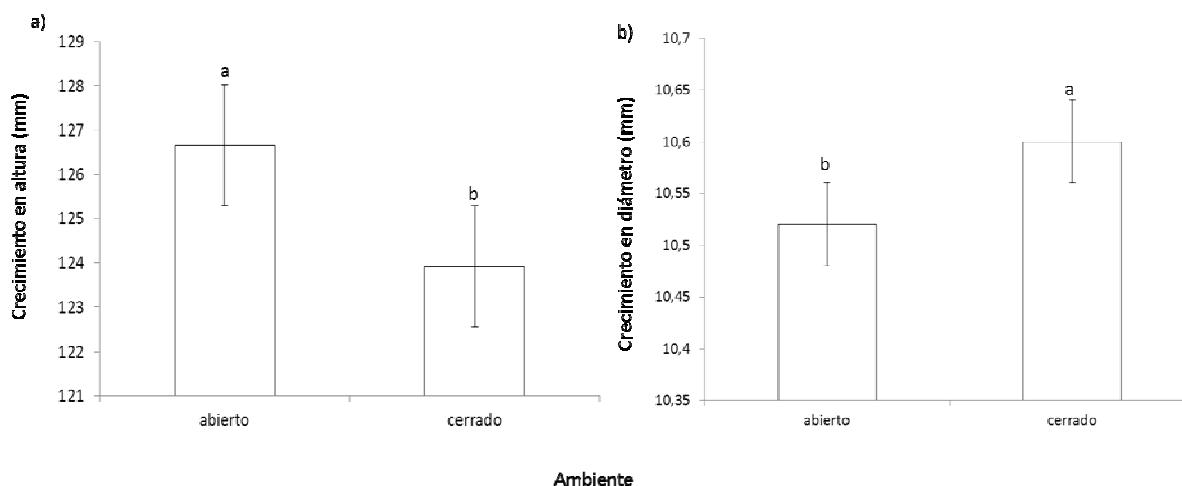


Figura 11. Crecimiento en altura y diámetro de los brinzales de *Pinus hartwegii* en ambientes a) abierto y b) cerrado. Promedio ± EE; letras muestran diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey).

DIFERENCIA ENTRE ORIENTACION DE LADERAS

La variable del crecimiento de la altura del tallo en los brinzales localizados en ambas laderas mostró diferencias significativas respecto a la ubicación de ladera a través del análisis de de varianza. ($F_{1,2660}=12.237$, $p<0.005$). En donde en la ladera con orientación al oeste se tuvo un promedio de 132.8 mm. respecto a los brinzales establecidos en la ladera este con un promedio de 117.54 mm (Figura 12a).

Por el contrario, no se observaron diferencias significativas en el crecimiento en diámetro ($F_{1,2660}=0.390$, $p<0.005$) por el mismo factor. Sin embargo en el ultimo mes (agosto) se registró un mayor crecimiento en la parcela orientada al oeste con 11.60 mm en promedio, en comparación con los brinzales ubicados en la ladera este con un promedio de 10.49 mm (Figura. 12b).

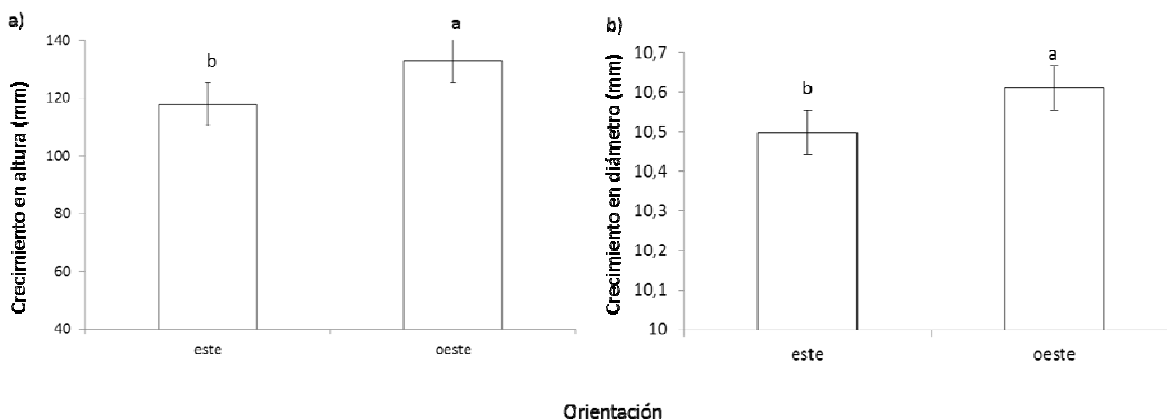


Figura. 12. Crecimiento en a) altura y b) diámetro. (Promedio \pm EE; letras muestran diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey, el nivel con el mayor valor en crecimiento para ambas variables fue la ladera con orientación al oeste para ambos casos).

TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO

La tasa relativa de crecimiento (TRC) muestra el comportamiento del crecimiento anual de los brinzales. Como se mencionó en los métodos la TRC se evaluó a través de atributos como la altura y diámetro del tallo, comparado entre ambientes (abierto-cerrado) y entre laderas (este-oeste). (Figuras 13 y 14).

Con respecto a la TRC en términos de la altura, el ANOVA no mostró diferencias significativas con respecto a la orientación ni la apertura del dosel ($F_{2,0318}=3.253$, $gl=1$ y $P=0.1966$; Figura 13). En promedio el crecimiento de los brinzales establecidos fue similar entre ambientes y correspondió en promedio a 0.00281 mm por año para zona abierta y de 0.00292 mm por año en ambiente cerrado, y de 0.00274 en la ladera este y 0.00299 mm para ladera oeste.

El ANOVA de la TCR en términos del diámetro implicó diferencias significativas en orientación de laderas $F_{2,0318}= 18.626$, $gl=1$, $P<0.0001$, pero no así para la apertura del dosel (Fig. 14). Bajo distintas condiciones de luz la TRC del diámetro de los brinzales establecidos fue similar entre la zona abierta (0.00250 mm/año) y la zona cerrada (0.00243 mm/año). Sin embargo, la TRC de los brinzales establecidos en la ladera este fue menor (0.00121 mm/año) a la obtenida en la ladera orientada al oeste (0.00125 mm/año). Estas diferencias estuvieron asociadas al crecimiento distinto en diámetro entre sitios a partir de noviembre. Este crecimiento muestra tendencias contrastantes en la época fría, en la época cálido seca y en lluvias, a excepción de julio, en donde la TCR fue similar en los sitios cerrado y abierto (Fig. 14).

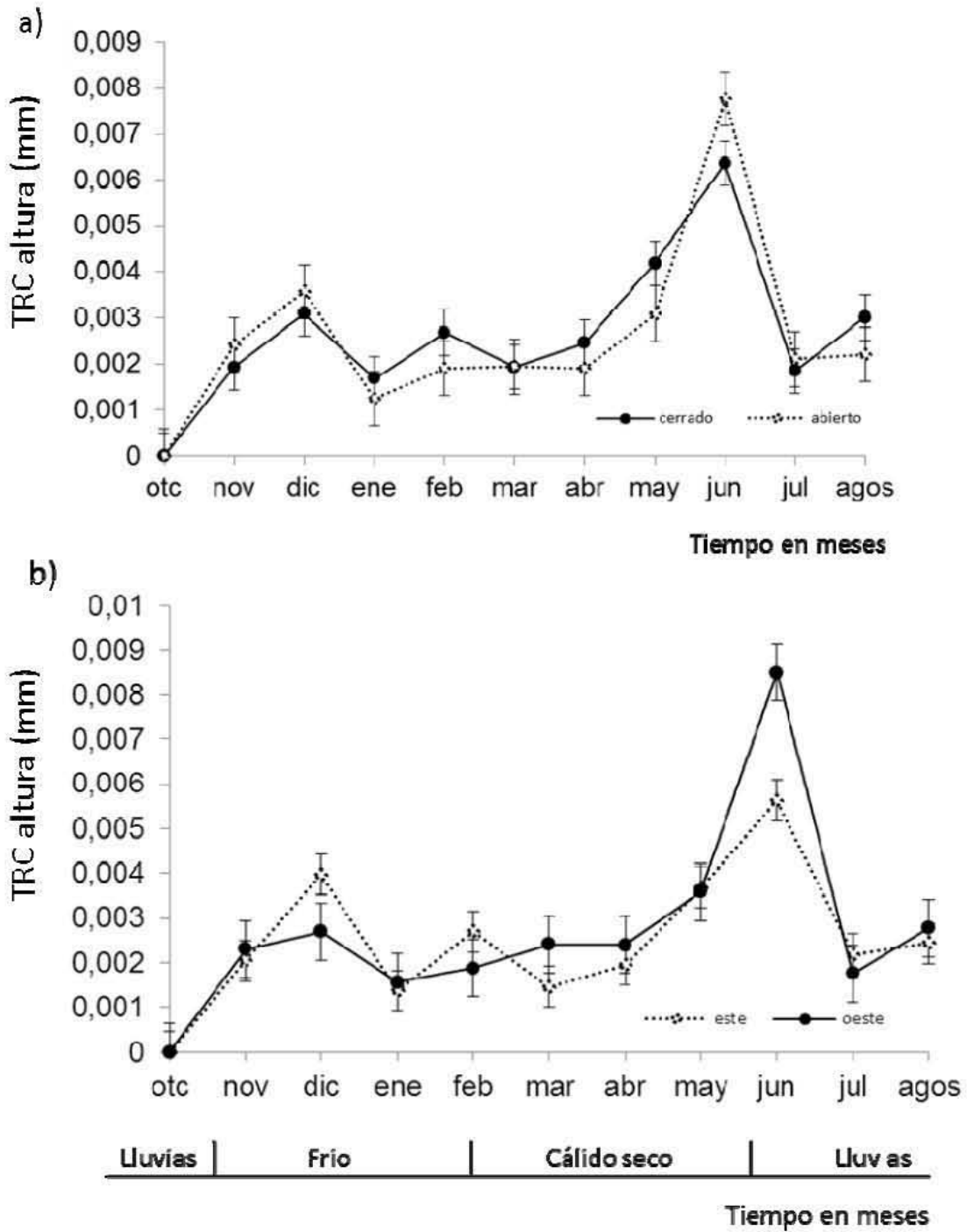


Figura 13. Tasa relativa de crecimiento (TRC) en altura de los brinzales de *Pinus hartwegii* a) ambos ambientes (abierto-cerrado) y b) ambas laderas (este-oeste).

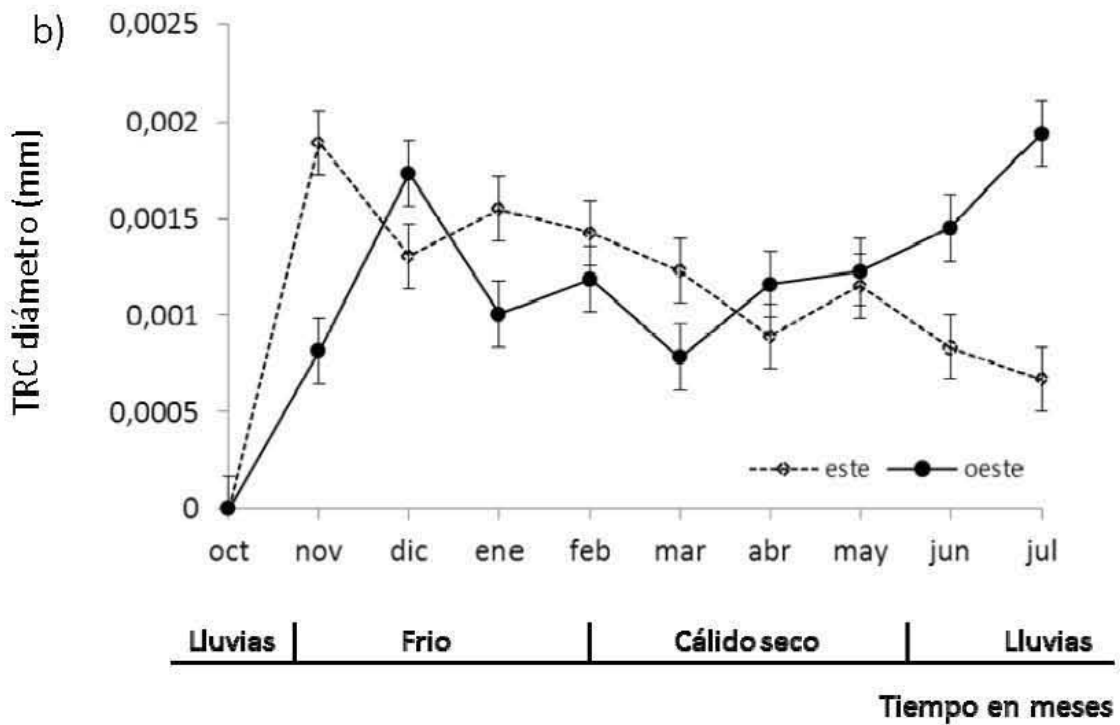
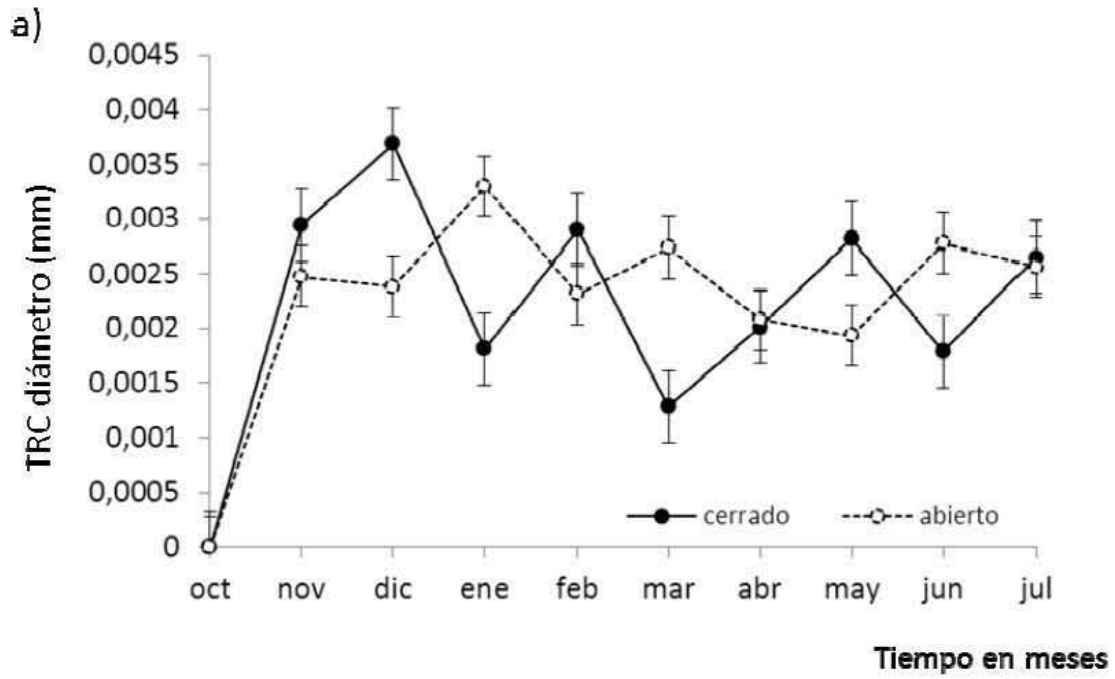


Figura 14. Tasa relativa de crecimiento (TRC) para diámetro de los brinzales de *Pinus hartwegii* a) ambos ambientes (abierto-cerrado) y b) ambas laderas (este-oeste).

DISCUSIÓN

SUPERVIVENCIA

La supervivencia encontrada en este estudio (i.e. 61.25%) fue mayor a la reportada por Ramírez y Rodríguez (2009), quienes mencionan que la supervivencia promedio de esta especie en plantaciones forestales al sur de la Distrito Federal es de 46.5%. Por otro lado, los resultados son menores a los observados por Sandoval (2010) en la misma área, que equivalen a 87%. Sin embargo, es importante hacer notar que en éste último trabajo, la autora inoculó a los brinzales con hongos ectomicorrizógenos.

En la supervivencia de los brinzales de *P. oregon* y *P. hartwegii* se observó que el grosor del diámetro presenta una relación estrecha con la resistencia a factores ambientales extremos en temporada de frío y de calor (Quiroz y Rojas, 2003; Ramírez y Tejo, 2004). Estos autores determinaron que los tallos más gruesos tienen una supervivencia mayor. Ramírez y Tejo (2004) mencionan que esto se debe a que a mayor grosor en diámetro mayor cantidad de raíces, las cuales brindan una mejor aislación de la temperatura del lugar. Este mismo factor podría explicar la supervivencia de *P. hartwegii*, aunque también hay que considerar que en la supervivencia de los brinzales de esta especie también influyeron factores microambientales como: diferentes coberturas (abierto-cerrado), ubicación de ladera (este-oeste) y el tiempo, siendo estos determinantes en su establecimiento y supervivencia en condiciones de campo.

La supervivencia de los brinzales encontrados en ambientes cerrado fue mayor; lo que coincide con Simkin *et al.* (2004), y Cabrelli *et al.* (2006), quienes mencionan que las características microambientales dadas bajo esta condición, regulan la cantidad y calidad de radiación solar que ingresa en la cobertura, regulando así la temperatura y la humedad del aire y del suelo del micrositio. Al respecto, Quiroz y Rojas, (2003) mencionan que cuando las

plantas están expuestas en lugares con poca humedad o en sitios secos, disminuye la supervivencia de la población debido a que existe una fuerte relación entre el tallo y la raíz, en donde se lleva a cabo el balance entre la absorción del agua y la transpiración.

La supervivencia de los brinzales de *Pinus hartwegii* en sitios abiertos durante la época invernal puede estar relacionada a su ubicación cercana a una planta vecina, ya sea graminoide o arbustiva. Esta condición pudo generar un micrositio como refugio para evitar la desecación durante la presencia de heladas y periodos de congelamiento, (Cabrelli *et al.* 2006; Sánchez *et al.* 2003), que en nuestros sitios en los meses de noviembre a febrero se registró una temperatura mínima de -3.64 °C. Bautista *et al.* (2005) registraron que el periodo crítico para la supervivencia de los brinzales de *P. montezumae* se dio con la presencia a bajas temperaturas y a sequias (octubre a mayo) después de ser trasplantados al campo.

La ubicación de ladera es un factor que también puede determinar la supervivencia de los brinzales ya que las orientaciones este oeste de nuestras parcelas corresponden a una relación de la trayectoria solar y esto determina cambios en la radiación temporal y espacial ocasionando un efecto de ladera en las diferentes pendientes, cabe resaltar que el número de individuos vivos que se contaron al final del estudio fue mayor en la ladera orientada al oeste en la zona cerrada.

Marino (2004) y Kozlowski, (1999), señalan que en las laderas orientadas al este y norte presentan menor radiación solar y bajas temperaturas, lo cual esto pudo haber favorecido a crear las condiciones adecuadas, para que los brinzales de *P. hartwegii* pudieran establecerse y sobrevivir mejor. En otras especies como *P. ayacahuite* y *Abies religiosa*, se ha visto que hay mayor supervivencia en zonas arboladas siempre y cuando existan los suficientes requerimientos y necesidades de luz (Quintana-Ascencio *et al.* 2004).

La profundidad del suelo, es otro factor que probablemente intervino para el establecimiento de nuestra especie, aunque no se midió el sistema radicular. Cervantes y Cuevas, (1981); Domínguez, *et al.* (2001), investigaron este efecto en el desarrollo del sistema radicular para el establecimiento de los brinzales en los primeros días de la plantación. Al respecto Haywood, (2005), afirma esta investigación trabajando con *Pinus palustris*, mencionando que durante el establecimiento de los brinzales, el sistema radicular es crucial para un buen resultado en la plantación. Siegel *et al.* (2005), menciona que la compactación del suelo limita el crecimiento de la raíz de los brinzales en diferentes géneros de *pinus*, hasta ocasionar la muerte de estos, debido a que llega a provocar alteraciones fisiológicas a nivel de raíz y hojas, entre ellas, la reducción de la absorción del agua (Kozlowski, 1999).

La supervivencia de los brinzales también estuvo determinada por el crecimiento del diámetro bajo condiciones adecuadas de humedad (Ramírez y Rodríguez, 2004; Prieto Ruiz *et al.* 2004 y Ortega y Rodríguez, 2007). Esto concuerda con los resultados, ya que se observa mayor supervivencia en la zona cerrada, concordando con los mayores valores del diámetro de los brinzales ubicados en las zonas cerradas.

Ramírez y Tejo (2004) mencionan que el diámetro del tallo refleja el tamaño del sistema radicular y la resistencia ante los diferentes cambios de temperatura y humedad. A su vez, Prieto Ruiz *et al.* (2004) en un experimento con *P. engelmanni* mencionan que plántulas con mayores valores en cuanto al diámetro del tallo, presentarán mayor supervivencia que aquellas que presenten menores valores. Así, los brinzales que alcanzaron un diámetro promedio de 10.60 mm en zonas cerradas tuvieron una mayor supervivencia (71.5%) que los brinzales de las zonas abiertas (51%).

Cabe señalar que en la ladera oeste, a pesar que mostraron un mayor crecimiento en diámetro, la supervivencia en esa ladera en sitios abiertos fue mucho menor. Esto fue debido a que en esa zona se presentó depredación afectando principalmente los tallos a la altura de la base.

CRECIMIENTO

En la comunidad de *Pinus*, la heterogeneidad espacial, crea diferentes condiciones microclimáticas, así como diferencias en la cantidad de luz que ingresa al sotobosque, siendo un factor que determina el crecimiento de los brinzales, (Beckage and Clark, 2003 y Harper *et al.*, 1965; Cabrelli, 2006).

El genero Pinus presenta una tolerancia a crecer bajo condiciones lumínicas, así como su crecimiento va estar determinado por la exposición de ladera y por la humedad que exista en la zona (Sánchez et al. 2006; Marino, 2004, Prieto y Ruiz et al. 2004; Vallas et al. 1999). En el presente trabajo, los resultados mostraron, que el crecimiento promedio en altura del tallo y diámetro de los brinzales ubicados en la ladera con exposición oeste, fueron significativamente mayores, que los ubicados en la ladera este.

Con relación a las diferencias entre ambientes (abierto-cerrado), los resultados mostraron diferencia significativa entre tratamientos, reflejando mayor crecimiento en altura en las zonas abiertas y el diámetro en zonas cerradas. Cabe mencionar que la escasa cantidad de luz que ingresaba bajo el dosel, afectó significativamente (de acuerdo a la prueba de Tukey) el tamaño en altura del tallo. Iglesias y Tivo (2006), menciona que el crecimiento del diámetro de algunos arboles suele ser mas sensible a las variaciones microclimáticas que el crecimiento en

altura. No obstante, Quintana-Ascencio *et al.* (2004) reportan que los géneros de *Abies* y *Pinus* presentan un mejor crecimiento en zonas abiertas.

Existen diversos estudios relacionados con el género *Pinus*, que mencionan lo importante que es la luz para el crecimiento de estas especies las cuales presentan un comportamiento diferente de acuerdo al estadio de estas (juvenil o adulto) (Nájera, 1999; y League y Veblen 2006; Chacón, 1998).

Ramírez y Rodríguez, (2009), particularmente mencionan que *P. hartwegii*, presenta mejor crecimiento en altura y biomasa en aquellos lugares abiertos o cerca de un zacatón como *Lupinus*, ayudando a regular las bajas temperaturas y la falta de humedad. En efecto, en la zona de estudio, los brinzales que mostraron mayor crecimiento en altura fueron los ubicados en los sitios abiertos con 128.2 mm. Al respecto, Chacón *et al.* (1998), reporta que el crecimiento en altura fue mayor donde había menor cobertura arbórea (64.5 y 119.5 m² ha⁻¹).

Es importante tomar en cuenta la historia de vida de las especies ya que de acuerdo con Calderón *et al.* (2006) y Rodríguez *et al.* (2004), este tipo de brinzales en periodo juvenil presentan un crecimiento tardío en tallo y diámetro, que puede durar de 2 a 6 años o hasta 12 años, debido a la fase cespitosa que presentan, como es el caso de la especie objeto de este estudio. Rodríguez *et al.* (2004) muestra que *P. palustris*, por su estado cespitoso no hay crecimiento vertical pero si en crecimiento de acículas y raíces. *P. montezumae*, después de haber alcanzado un diámetro a la base de 2.5 centímetro en los diámetros, empezó un período rápido de crecimiento de altura.

En las zonas templadas la mayoría de las especies leñosas presentan un crecimiento en respuesta a la estacionalidad (Viveros y Vargas, 2007; Kozlowsky, Kramer y Pallardy, 1991; García *et al.* 1999), en el periodo de baja temperatura y congelamiento entran los brinzales en

una fase de dormancia, el cual consiste en que el meristemo apical detiene su crecimiento. El inicio y duración de este periodo depende tanto de la especie como de la temporada de año y a nivel de individuo dependerá de su edad y su ubicación. (Duryea, 1985; Viveros y Vargas, 2007; Kozlowsky, Kramer y Pallardy, 1991). Este periodo de dormancia en los brinzales sembrados para este estudio se presentó entre los meses de enero a abril (90 a 180 días), coincidiendo en la temporada más fría de la zona. Las condiciones extremas de temperatura, en algunos individuos al momento de realizar la medición, sufrieron la ruptura del meristemo, afectando de alguna manera su crecimiento en altura.

Al respecto, Repo (1992) y Ramírez y Rodríguez (2004) reportaron en *P. sylvestris* y *P. hartwegii*, respectivamente, que las plantas con un alto crecimiento en altura durante la temporada de heladas son más propensas a sufrir daño mecánico como la ruptura del meristemo a pesar que ambas especies son resistentes al frío. Posiblemente por la misma razón, los brinzales de la ladera orientada al este presentaron una ruptura del meristemo después de haber alcanzado un crecimiento de 111 mm en promedio. Así también el crecimiento promedio mostrado en los brinzales de la ladera oeste fue de 133 mm en el mes de diciembre, presentando un crecimiento muy bajo durante los primeros meses de plantación y donde también presentó ruptura de meristemo cuyo crecimiento promedio mínimo fue de 38 mm. Cabe mencionar que en la zona de estudio la temperatura promedio registrada durante este periodo fue de $-0.53\text{ }^{\circ}\text{C}$, observando en el suelo presencia de hielo principalmente en la ladera oeste.

Imaña y Encinas (2008) mencionan que el diámetro en un brinzal no presenta un crecimiento mínimo establecido. Esto se observó en el campo al realizar las mediciones donde el grosor del diámetro fue variando de acuerdo al microhábitat, ubicación de ladera y a la

temporada del año. Al respecto, Vallas *et al.* (1999), Quiroz y rojas (2003) y Prieto Ruiz *et al.* (2004) coinciden en que cuando existe estrés hídrico por largo tiempo, el diámetro tiende a disminuir. En particular, Prieto Ruiz *et al.* (2004) en *P. engelmanni* mencionan que en la base del tallo existe mayor absorción de agua cuando las plantas son sometidas a constante periodos de humedad, generando un incremento considerablemente en el crecimiento del diámetro (2.90 mm), pero cuando fueron sometidas a estrés hídrico solo presentaron un aumento de 0.41 mm al mes. Así, en los brinzales de *Pinus hartwegii* ubicados en la zona abierta, en ausencia de cobertura vegetal (tabla 1), durante la época de primavera tuvieron menor diámetro promedio que los brinzales de la zona cerrada.

Existen varios estudios acerca de cómo diferentes intensidades de luz que llegan ya sea directamente al suelo forestal o que penetran por el dosel, afecta la tasa relativa de crecimiento en los brinzales de especies leñosas (Sack y Grubb, 2001; Sack, 2004; Beckage y Clark 2003; Calderón *et al.* 2006). En este estudio, la TRC de los brinzales, de acuerdo a la diferencia de laderas mostraron que la TRC en altura y diámetro, es mayor en la ladera oeste (0.00298 y 0.00125 respectivamente).

Es importante considerar que el crecimiento del genero *pinus* en estado de brinzales o juvenil es lento, por lo tanto, es necesario evaluar puntualmente las condiciones microambientales tales como las diferencias en cantidad de luz por apertura del dosel, la orientación de ladera y el tiempo, para garantizar una buena supervivencia y crecimiento. Pero también, es importante el considerar que los factores de perturbación tanto bióticos (como la herbivoría, competencia,) como factores abióticos (suelo, microclima) y principalmente los efectos antropogénicos como la ganadería, la tala, los incendios y el transito local, afecta gravemente al establecimiento de la población reforestada, como la regeneración natural.

Pinus hartwegii, es una especie que ha sido ampliamente considerada para realizar reforestaciones en todos los bosque templados de México, sin embargo en la mayoría de estas acciones no se consideran las variables microambientales que podrían garantizar un establecimiento y supervivencia que revierta el deterioro ambiental, así como para evitar pérdidas económicas.

6. CONCLUSION

1. El establecimiento y supervivencia de los brinzales de *Pinus hartwegii* estuvo favorecido en ambientes cerrados, por la cercanía de una planta vecina (nodriza) en la zona abierta y en la ladera con orientación hacia el este bajo esta misma condición.
2. Las condiciones que promovieron el crecimiento en altura y diámetro estuvieron asociadas con la ladera oeste y microhabitat (abierto y cerrado), proporcionando un adecuado aporte de luz y humedad.
3. El crecimiento estuvo influenciado por la capacidad de respuesta de las plantas a la estacionalidad, debido a que los periodos de sequia, bajas temperaturas y congelamiento causan la reducción en el crecimiento. Particularmente en la temporada fría del año, la ruptura del meristemo apical ocasiona la pérdida del crecimiento obtenido durante el periodo de lluvias.

7.- LITERATURA CITADA

- Almeida–Leñero L., Jujnovsky J., Ramos A., Espinosa M., Ordoñez, M de J., Nava M. 2007. Manejo integral del ecosistema en la cuenca del Rio Magdalena. Aproximación para la evaluación de servicios ecosistémicos. Universidad Nacional Autónoma de México. 7pp
- Álvarez-Román, K. E. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los Dinamos, área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 127 pp.
- Ávila Akerberg, V. D. 2002. La vegetación de la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México, 86pp.
- Ávila-Akerberg, V. D. 2004. Autenticidad de los bosques en la Cuenca del río Magdalena. Diagnóstico hacia la restauración. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 108pp.
- Bautista-Zarco N; Cetina-Alcalá V.M; Vera-Castillo J. A; Cervantes-Martínez C.T. 2005. Evaluación de la calidad de brinzales de "*Pinus Montezumae* Lamb.", producidos en el vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal. Ra Ximhai. 1 (1). 167-176
- Beckage, B. y J. S. Clark. 2003. Seedling survival and growth of three forest: the role of spatial heterogeneity. Ecology 84: 1849-1861.
- Bidwell. R.G.S. 2002. Plant Physiology. New York: Macmillan. 409-416 pp.

- Caballero D., M. 1967. Estudio comparativo de *Pinus rudis* End. y *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis de Ing. Agr. Esp. en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 139 pp.
- Cabrelli, D., S. Rebottaro y D. Efron. 2006. Caracterización del dosel forestal y del microambiente lumínico en rodales con diferente manejo, utilizando fotografía hemisférica. Ciencias forestales Quebracho No. 13:17-25 pp.
- Calderón P. N., M. J. Jasso, H. J. Martínez de J., H. J. Vargas y G. A. Gómez. 2006. Estimulación temprana del crecimiento del epicotilo en plántulas de *Pinus montezumae* Lamb. Ra Ximhai 2 (3): 847 – 864.
- Cervantes, S.M. y R.R. Cuevas. 1981. Análisis radicular de *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite* y algunas especies herbáceas en relación con la humedad y otras propiedades físico-química del suelo. Tesis profesional. Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- Chacón J. M., A. Velázquez y M.A. Musálem. 1998. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica* Engelm., bajo diferentes coberturas. Madera y Bosques 4(2), 39-44
- CONAF. 1998. El subsector forestal de México. [En línea] Consejo Técnico Nacional forestal (CONAF) México. [<http://www.semarnap.gob.mx/ssn/pronare/pronare.htm>]
- Cuadros B.P.L. 2001. Tenencia de la tierra y ecología en Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. UNAM
- Cruz, M. A. R. 2007. Dendrocronología y PIXE para la evaluación del crecimiento del pino influenciado por el Cambio del Régimen Climático y la Contaminación Atmosférica en el Iztapopo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. Mexico, 299pp.

- De Bauer Ma. De Lourdes y Hernández-Tejeda, T. 2006. A review of ozone-induced effects on the forests of central Mexico. *Forest Ecology and Management* 147(3):446-53.
- Daniel., T.W., Helms., J.A., Backer., F.S. 1982. *Principles of silviculture*. Mac Graw-Hill. United States, 492pp
- Domínguez –Lerena S., S. P. Villar Fuertes y R.J.L., Peñuleas. 2001. ¿Pueda la profundidad de plantación afectar la calidad fisiológica y al desarrollo en campo de los brinzales de *Pinus halapensis*?. *Actas del III Congreso Forestal Español*. Granada. Volumen 3: 49-54
- Duryea, M. L. 1985. *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Workshop held October 16-18, 1984. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. ISBN 0-87437-000-0
- Espinosa Pérez., M.I. 2005. *Estimación del contenido y captura de carbono en el bosque de Pinus hartwegii de la cuenca alta del río Magdalena*, D. F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM
- Facultad de Ciencias-UNAM. “Reporte de investigación para el Diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 5. Hidrogeología.” En *Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena*. SMA-GDF, UNAM, 2008
- Flores., R.A. 2006. *Frecuencia de incendios forestales, su relación con la precipitación y la riqueza de especies vegetales, en la Cuenca del Río Magdalena*, D. F., México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 14, 15, 20 pp.

- García. S J. G, Vargas H. J.J, Jasso M. J., Molina G. J. D, Ramírez. H. C, y López U. J. 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. *Madera y Bosques* 5(2), 1999:19-34
- García-Romero A. 2002. An evaluation of forest deterioration in the disturbed mountains of western Mexico city. *Mountain Research and Development*. Vol 22 No 3: 270–277
- Harper, J. L., J. T. Williams y G. R. Sagar. 1965. The behavior of seeds in soil. I. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. *Journal of Ecology* 53, 273-86
- Haywood, J.D. 2005. Effects of herbaceous and woody plant control on *Pinus palustris* growth and foliar nutrients through six growing seasons. *Forest Ecology and Management* 214 (2005) 384–397
- Hess D. 1980. Fisiología vegetal. Fundamentos moleculares y bioquímico-fisiológicos del metabolismo y el desarrollo. Omega. México.
- Iglesias, A.L.G. y F.Y. Tivo. 2006. Caracterización Mofométrica de la población de *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Ra Ximhai* 2 (2): 449 – 468 pp.
- Iglesias, A.L.G., F.Y. Tivo y J.L. Casas. 2006. *Pinus hartwegii* Lindl. del Cofre de Perote, Veracruz, México. Cuadernos de biodiversidad. 10 – 16 pp.
- Imaña E. J y Encinas B. O. 2008. Epidometría forestal. Edicapas C.A. Venezuela.
- Jujnovsky, J. 2003. Las Unidades de paisaje en la Cuenca Alta del Río Magdalena, México, D.F. Base Fundamental Para La Planificación Ambiental. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

- Jujnovsky, A.R.J., M. J. Ordóñez, y L. L. Almeida. 2007. La cuenca del Río Magdalena. Ciencia y Desarrollo. pp 24-29.
- Kozlowski, T.T., J. P. Kramer, y G. S. Pallardy. 1991. The physiological ecology of woody plants. Academic Press, San Diego, CA.
- Kozlowski, T.T. 1999. Soil compaction and growth of woody plants. Scand. J. For. Res. 14:596-619.
- League, K y T. Veblen. 2006. Climatic variability and episodic *Pinus ponderosa* establishment along the forest-grassland ecotones of Colorado. Forest Ecology and Management 228 (2006) 98–107.
- Liu, J. y H.E. Burkhart. 1992. Dynamics of size-variable distribution parameters in juvenile loblolly pine (*Pinus taeda* L.) stands. Forest Ecology and Management (58): 321-347
- Mendoza, G. J. F. 1994. La degradación de los recursos naturales en la Delegación Magdalena Contreras, D. F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marino C.H. 2004. Fisiología Ecológica en plantas. Mecanismos y respuestas a estrés en los ecosistemas. Valparaíso, Chile. pp 221-224
- May E., N. G. 2001. Dinámica de la regeneración de *Abies religiosa* (HBK). et. Cham., y *Pinus hartwegii* Lindl., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México. Tesis de Licenciatura. UACH. DICIFO. Chapingo, Méx.
- Musálem, S., M. A., y A. Solís M. 2000. Monografía de *Pinus hartwegii*. SAGAR.INIFAP.CIRSE. Campo experimental Valle de México. Libro Técnico No. 3, Chapingo, Estado de México. 96pp.

- Nájera C. F. J. y V. B. Bermejo. 1999. Efecto de la intensidad de la luz, sobre el crecimiento en altura y producción de materia seca en plántulas de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. *Foresta Veracruzana* 1(2):25-30.
- Ortega-Baranda V. Rodríguez-Trejo D.A. 2007. Supervivencia y crecimiento iniciales de y concentraciones de nutrimentos de *Pinus hartwegii* plantados en zonas quemadas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13 (2): 115-124.
- Padilla., G. H. 1987. *Glosario práctico de términos forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. Limusa. México. 167 pp.
- Pérez-Suarez. M., Cetina-Alcalá V.M., Aldrete A., Fenn M. E., Landois-Palencia L. 2006. Química de la precipitación pluvial en dos bosques de la Cuenca de la Ciudad de México. *Agrociencia*, marzo-abril, año/vol. 40, número 002. . 239-248 pp
- Perry, P. J. 1991. *The pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon. 231 pp.
- Prieto Ruiz J. A.; Cornejo Oviedo E. H.; Domínguez Calleros P. A; Návar Chaidez J. de J; Marmolejo Moncivais J. G. y Jiménez Pérez J. 2004. Estrés hídrico en *Pinus engelmannii* Carr., producido en vivero. *Invest Agrar: Sist Recur For* (2004) 13(3), 443-451.
- Programa de Conservación y Manejo, 2004. Parque Nacional “Desierto de los Leones”.
- Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. 2000. Secretaria del Medio Ambiente.
- Quintana-Ascencio Neptalí Ramírez-Marcial, González-Espinosa y Mario Miguel Martínez-Icó. 2004. Sapling survival and growth of coniferous and broad-leaved trees in

successional highland habitats in Mexico. *Applied Vegetation Science* Volume 7 (1): 81–88.

- Quiroz, I.; Y. Rojas. 2003. *Pino ponderosa* & *Pino oregón*, confieras para el sur de Chile. Proyecto FONDEF/INFOR (X Región). 302 p.
- Ramírez C. A, D. A. Rodríguez. 2009. Plantas nodriza en la reforestación con *Pinus hartwegii* Lindl. . *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 43-48, 2009.
- Ramírez-Contreras A.; Rodríguez-Tejo D.A. 2004. Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 10 (1): 5-11
- Repo, T. 1992. Seasonal changes of frost hardiness in *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Finland. *Can. J. For. Res.* 22(12): 1949–1957
- Rojas G.M. y Ramírez H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Limusa México. 50 pp.
- Rodríguez, T., D. A., H. C. Martínez Hernández, y V. Ortega Baranda. 2004. Ecología del fuego en bosques de *Pinus hartwegii*. En: Villers Ruiz, L. y López Blanco, J. (eds.). *Incendios forestales en México. Métodos de evaluación*. UNAM. México, D. F. 107-124 pp.
- Ruedas. M.M. 1999. Germinación y crecimiento temprano de *Mammillaria magnimamma*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Sack L. 2004. Responses of temperate woody seedlings to shade and drought: do trade-offs limit potential niche differentiation? *Oikos* 107: 107–127.

- Sack, L. y P. J. Grubb. 2001. Why do species of woody seedlings change rank in relative growth rate between low and high irradiance? *Functional Ecology* 15: 145–154.
- Salisbury, J. y C. Ross. 1992. *Fisiología vegetal. Iberoamericana*. México. 759 pp.
- Sánchez-Gómez, D., M. A. Zavala y F. Valladares. 2006. Seedling survival responses to irradiance are differentially influence by low-water availability in four tree species of the Iberian cool temperate–Mediterranean ecotone. *Acta Ecológica* 30 (2006): 322 – 332.
- Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilches. 2003. *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México D.F.
- Sandoval G. I. 2010. Efecto de los hongos ectomicorrizógenos en el crecimiento y supervivencia de plántulas de *Pinus hartwegii* Lindl. y *Abies religiosa* (Kunth Schltld. et Cham.): Un enfoque para la restauración de ambientes deteriorados en la Cuenca del Río Magdalena D.F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). 99 pp.
- Siegel-Issem, C.M., J.A. Burger, R.F. Powers, F. Ponder, y S.C. Patterson. 2005. Seedling root growth as a function of soil density and water content. *Soil Science Society America Journal* 69: 215-226.
- Simkin S.M., W.K. Michener y R. Wyatt. 2004. Mound microclimate, nutrients and seedling survival. *The American Midland Naturalist* Vol. 152, Issue 1. 12–24
- Vallas-Cuesta, J., Villar-Salvador, P., Peñuelas Rubira, J., Herrero Sierra, N., Domínguez Lerena S., y Nicolás Peragón, J.L. 1999. Efecto del aviveramiento prolongado sin riego en la calidad funcional de los brinzales de *Pinus halepensis* Mill. y su desarrollo en campo. *Montes*. 58: 51-58.

- Vera V., V. y D. A. Rodríguez T. 2007. Supervivencia e incremento en altura de *Pinus hartwegii* a dos años de quemas prescritas e incendio experimentales. *Agrociencia* 41: 219-230.
- Villers Ruiz L., García del Valle L. y López Blanco J. 1998. Evaluación de los bosques templados en México una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. *Investigaciones geográficas* 36: 7-21.
- Viveros-Viveros H., y Vargas-Hernández J. J. 2007. Dormancia en yemas de especies forestales. *Revista Chapingo de Ciencias Forestales y de Ambiente*. 13(2): 131-135.
- Viveros-Viveros H., Sáenz-Romero C., López-Upton J. y Vargas-Hernández J. J. 2007. Growth and frost damage variation among *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae* and *P. hartwegii* tested in Michoacán, México. *Forest Ecol. Manag.* 253: 81-88.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A. 718 pp.

8.- ANEXO 1.

VARIABLES AMBIENTALES

En la tabla 6 se presenta los datos ambientales promedio que se obtuvieron dentro de las parcelas y para los diferentes tratamientos de abierto y cerrado hay que aclarar que no se pudo hacer correlaciones con las variables de crecimiento porque solo se tuvieron dos aparatos por cada parcela donde permitió obtener los valores máximos y mínimos, de las variables ambientales mostradas en el siguiente tabla para ambas parcelas (este-oeste) y para ambos ambientes (abierto-cerrado).

La temperatura máxima registrada se mostró en la parcela este con 29.73 °C y mínima de -0 °C en la zona abierta. En la parcela con orientación al oeste la temperatura máxima y mínima en ambos ambientes es casi similar. El porcentaje máximo y mínimo de humedad relativa son menores en los ambientes abiertos en ambas parcelas.

		PARCELA ESTE		PARCELA OESTE	
		abierto	cerrado	abierto	cerrado
Temperatura ambiente	Max.	29.7382058	18.2329117	22.5540238	22.4208886
	Min.	-0.53246851	1.84712212	0.50321813	0.14794086
% Humedad relativa	Max.	88.0483948	95.2460618	87.4652957	99.0906452
	Min.	17.1721582	34.2639113	23.3222984	27.103172
Temperatura suelo	Max.	18.43		19.67272727	
	Min.	4.45		2.60	
Profundidad		19.21	19.83	19.33	18.82
pH		4.54	4.58	4.92	5.22
% MO		19.904	19.90	20.58	19.77
NT (mg Kg-1)		0.972	0.99	0.98	0.98
N (mg Kg-1)		66.038	54.17	79.02	77.54
P (mg Kg-1)		7.332	7.22	6.46	23.64
CIC (Cmol(+))Kg-1)		32.832	32.62	47.25	45.09

Tabla 1. Valores de máximos y mínimos de las variables ambientales de las parcelas este y oeste para ambos ambientes abierto-cerrado.

Con relación al análisis de suelo también solo hace una descripción general de las parcelas ya que los suelos analizados fue una muestra combinada dentro de las parcelas. Los valores de profundidad del suelo, ph, % MO, y NT (mg kg^{-1}) son homogéneos entre parcelas y entre ambientes (abierto-cerrado). En cambio, los valores de nitrógeno y capacidad de intercambio catiónico son mayores en la parcela oeste en ambas zonas (abierto y cerrado) y en particular en esta misma parcela se mostró un valor mayor de fósforo en la zona cerrada.