



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Efecto del acolchado plástico y sombra de
vegetación en el establecimiento de *Salvia*
mexicana en el Parque Ecológico de la Ciudad de
México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

Alejandra Rosete Rodríguez

DIRECTORA DE TESIS: Dra. Alma D. Orozco Segovia

ASESORA INTERNA: Dra. Esther M. García Amador

México, D.F.

Mayo 2011





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero dedicar a mis padres y a mi hermana este trabajo, porque siempre me apoyaron en este largo camino y nunca dudaron que lo lograría.

A Gabriel, por ser mi pareja y confidente desde hace muchos años, ha estado conmigo, incluso antes de que éste sueño comenzara a ser posible y porque continúa conmigo a pesar de todo, gracias.

A la Dra. Alma Orozco Segovia, a quien le agradezco su enorme paciencia y el que haya confiado en mí para hacer este trabajo, agradezco sus enseñanzas, sus consejos y sus recomendaciones; además de que no dejo de admirar su capacidad por contagiar a los demás su pasión por la Biología.

Al M. en C. Pedro Eloy Mendoza, por su valiosa ayuda en campo y todas sus recomendaciones durante este proyecto.

A la M. en C Ma. Esther Sánchez Coronado y Dra. Ma. Ivonne Reyes Ortega, quienes me enseñaron y me auxiliaron en la parte estadística de este trabajo e hicieron que fuera “significativo”.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Ecología Fisiológica, que me orientaron cuando lo necesité y contribuyeron a mi crecimiento profesional con sus opiniones oportunas.

Un agradecimiento especial a Luis, quien fue mi compañero y amigo en la realización de esta tesis, ya que sin su apoyo y compañía este trabajo no hubiera sido lo mismo.

También tengo un agradecimiento especial para la Dra. Esther M. García Amador y a la Biol. Leticia López Vicente por brindarme su amistad y su apoyo desde que estaba en la carrera y por contribuir al escrito final de este trabajo. A la Dra. Ma. Socorro Orozco Almanza y al Dr. Arcadio Monroy Ata quienes contribuyeron con sus oportunos comentarios para la corrección y una mejor presentación de este trabajo.

Agradezco también al personal de la Unidad de Cómputo del Instituto de Ecología; el M. en I. Alejandro René González Ponce y al Ing. Daniel Valle Vidal quienes me proporcionaron la ayuda en la instalación del software necesario para mi investigación y por hacer posible el acceso a la información electrónica del Instituto. También agradezco a la M. en B. María del Rocío Graniel Parra; responsable de la unidad de información de la Biblioteca del Instituto de Ecología por darme todas las facilidades para la obtención de material bibliográfico.

Al proyecto PAPIIT 222508, por proporcionarme una beca y facilitar los recursos económicos para la realización de esta tesis.

A mis compañeros de la Facultad: Gaby, Yuye, Paty, Nancy, con quienes compartí y comparto momentos que jamás olvidaremos, pero sobre todo porque nos esperan juntas muchos proyectos nuevos.

A mis compañeros del museo Universum: a Luz, Ximena, Bety, Aurora, Gabo, Marce, con los que aprendí mucho, y porque juntos logramos hacer un buen equipo de trabajo. A José Luis Tenango, quien ha inculcado en mí una nueva pasión “las mariposas”.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2.INTRODUCCIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES.....	7
3.1 Restauración ecológica.....	7
3.2 Métodos de propagación de plantas.....	12
3.2.1 Germinación de Salvia mexicana.....	16
3.3 Efecto de borde.....	17
3.4 Acolchado.....	18
4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	20
5. HIPÓTESIS.....	21
5.1 Hipótesis general.....	21
5.2 Hipótesis particulares.....	21
6. OBJETIVOS.....	23
6.1 Objetivo general.....	23
6.2 Objetivos particulares.....	23
7. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO.....	24
8. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	27
9. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
9.1 Propagación de plantas.....	28
9.1.1 Capacidad germinativa.....	28
9.1.2 Trasplante a casa de sombra.....	28
9.2 Trasplante a campo	29
9.3 Caracterización macro y microambiental.....	32
9.4 Diseño experimental.....	34

9.5 Análisis estadísticos.....	34
9.6 Análisis de costos.....	35
10. RESULTADOS.....	36
10.1 Capacidad germinativa.....	36
10.2 Supervivencia.....	36
10.3 Crecimiento.....	40
10.3.1 Altura.....	40
10.3.2 Tasa de crecimiento.....	40
10.3.3 Cobertura.....	41
10.3.4 Diámetro a la base del tallo (DBT).....	42
10.3.5 Número de hojas.....	43
10.4 Temperatura.....	44
10.5 Densidad de flujo fotónico (DFF).....	48
10.6 Análisis de costos.....	51
10.7 Síntesis de resultados.....	53
11. DISCUSIÓN.....	54
11.1 Germinación.....	54
11.2 Supervivencia.....	54
11.3 Sombra.....	56
11.4 Acolchado.....	59
11.5 Análisis de costos.....	61
12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
13 REFERENCIAS.....	63
14 ANEXO	75
14.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	75

1. RESUMEN

La fragmentación de los ecosistemas forma parches de vegetación con composición vegetal y características microambientales de luz, temperatura y humedad particulares, creando un efecto de borde aprovechable para la reintroducción de plantas nativas mediante proyectos de restauración ecológica. Por otro lado existen materiales como los acolchados plásticos que son utilizados en agricultura por sus beneficios basados en su capacidad para evitar la rápida evaporación del agua y disminuir las fluctuaciones de temperatura del suelo. Dichos beneficios también pueden ser aprovechados para la reintroducción de plantas en zonas fragmentadas; por lo que se realizó un estudio combinando el efecto de la sombra proyectada por cinco fragmentos remanentes de vegetación y el uso de acolchados plásticos para retener la humedad en el suelo y evaluar sus efectos en el crecimiento y supervivencia de la especie nativa *Salvia mexicana* a una zona degradada del Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM) durante un año de observación. Al mismo tiempo se midieron mensualmente la temperatura y la densidad de flujo fotónico en seis y diez puntos respectivamente de cada sitio para evaluar los efectos de la sombra en las variables vegetales registradas. Tanto el acolchado como la sombra favorecieron, de forma individual y en su interacción la supervivencia de las plantas en la época seca del año, así como también favorecieron las variables de crecimiento de las plantas dependiendo la época del año. La temperatura y la densidad de flujo fotónico permiten describir los efectos de la sombra proyectada por el fragmento de vegetación asociada a cada sitio y su efecto en el comportamiento de las variables de crecimiento en las plantas de *Salvia*. En conclusión el acolchado y la sombra son factores que ayudan a la supervivencia y desarrollo de *S. mexicana* y pueden ser utilizados en programas de reintroducción de plantas a comunidades naturales.

2. INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo la acción del ser humano sobre la naturaleza ha provocado que en la actualidad la gran mayoría de los espacios naturales se encuentren con algún grado de deterioro, el cual progresa de forma acelerada, esto se debe principalmente a la falta de cultura sobre la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales (Martínez, 1996). Sin embargo, en los últimos años se ha visto un mayor interés en la conservación de los recursos naturales, no solo por la comunidad científica, sino también por las autoridades estatales y federales.

Para llevar a cabo estos trabajos de conservación se han elaborado diferentes acciones para la recuperación de los ecosistemas degradados, dañados o destruidos, tales como la reforestación, o revegetación, que involucran en la mayoría de los casos plantar un gran número de individuos de una sola especie y/o de especies de crecimiento rápido, pero que no son nativas del sitio (Sánchez *et al.*, 2005), no obstante, este tipo de actividades sólo consideran revegetar un lugar en un corto plazo, olvidando las características de un ecosistema, como son su biodiversidad, la interacción entre los organismos, la resistencia a cambios ambientales, la demanda de nutrientes y la capacidad de los organismos para establecerse en una condición determinada, Por otra parte, a menudo se corre el riesgo de que al introducir especies exóticas, éstas lleguen a aclimatarse tan bien que puedan convertirse en una plaga y desplazar a las nativas (Hobbs y Mooney, 1993). La restauración ecológica es un concepto más amplio que involucra un conjunto de acciones encaminadas a la recuperación de la funcionalidad de los ecosistemas con la reintroducción de las especies de plantas nativas que fueron desplazadas de su lugar de origen por algún disturbio, así como la reincorporación, en forma idónea, de las especies de animales, microorganismos, hongos etc., con las que interactuaban y con la

finalidad de restablecer poco a poco los procesos biológicos que permitan que el ecosistema, en un momento dado, sea capaz de regenerarse y mantenerse de forma autónoma (Sánchez *et al.*, 2005; Zamora, 2002; Machado, 2000; Bonfil, *et al.* 1997) Pero hay que entender que el regreso de un ecosistema natural a su punto original depende del grado de disturbio al que ha estado sujeto, por lo que a veces no es posible del todo; sin embargo es posible la reincorporación de los elementos que permitan que el ecosistema se recupere parcialmente del disturbio, es decir, la obtención de un sistema sustituto que se acerque lo más posible a las condiciones iniciales (Aronson *et al.*, 1993; Bradshaw, 1983).

A nivel local, instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), PRONATURA y el Gobierno del Distrito Federal, actualmente realizan diversas actividades de restauración ecológica en distintos lugares como es el caso del Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM). Dicho parque se decretó como Área Natural Protegida en 1989. El crecimiento de la mancha urbana y la contaminación son las principales amenazas para la conservación de la vegetación y otros organismos que viven en el parque. PRONATURA, la UNAM y la Delegación Tlalpan han implementado algunos programas de educación ambiental y de reforestación de las zonas perturbadas, así como algunos proyectos de investigación básica. Este parque es una zona representativa de los ecosistemas del sur de la Cuenca de México por ser el resultado de la erupción del volcán Xitle ocurrida hace aproximadamente 2000 años, originando una vegetación y fauna particular. Por sus características geomorfológicas, aproximadamente cada año se captan cinco millones de m³ de agua pluvial para abastecer el sur de la Ciudad de México (Rzedowsky, 1954), por lo que la zona montañosa en que se encuentra es una de las principales fuentes de recarga de los mantos acuíferos de la Ciudad de México. Brinda también otros beneficios ambientales como la producción de oxígeno y el

secuestro de carbono. Además es el hábitat para muchas especies endémicas de flora y fauna y proporciona belleza escénica (Soberón *et al.*, 1991).

Por lo anterior, se hace indispensable la conservación y restauración de esta zona. Una manera de hacerlo, es la reintroducción de especies de plantas nativas como *Salvia mexicana* que contribuye a enriquecer y acelerar la recuperación natural de la vegetación alterada del parque. Sin embargo, la sobrevivencia de las plantas introducidas bajo esquemas de restauración suele ser baja, por lo que resulta necesario buscar otras estrategias que favorezcan el establecimiento dirigido.

Una forma de incrementar la supervivencia de dichas plantas y asegurar su posterior establecimiento es la de aprovechar la protección de otras plantas o grupo de plantas ya establecidas que les proporcionen sombra, una mayor concentración de nutrientes, una mayor tasa de mineralización y una mayor humedad. Dichas características pueden ser proporcionadas por plantas conocidas como nodrizas, formadoras de islas de recursos (Muller, 1953; Steenbergh y Lowe, 1969; García-Moya y Mickel, 1970); sin embargo la protección brindada por ellas es limitada y se restringe al alcance de una sola planta; de la misma forma, en lugares donde ha ocurrido un disturbio tal que fragmente la estructura natural original, existen manchones de vegetación que pueden jugar un papel importante en la protección de plantas porque aún conservan algunas características del ambiente original y tienen la capacidad de proporcionar cerca de ellos un conjunto de condiciones microclimáticas favorables para el establecimiento de nuevas especies de plantas; principalmente porque proveen de sombra, y mantienen la humedad del suelo. A dichas condiciones se les conoce como efecto de borde (Chen *et al.*, 1995; Leopold, 1933; Odum, 1971). Dicha sombra está afectada por la posición del sol durante todo el año, es decir, que la proyección de esta depende del tamaño del

estrato más alto dentro del manchón de vegetación, la orientación de este y la época del año. Por lo que, el propósito de este trabajo es utilizar la proyección de la sombra dada en algunos manchones de vegetación durante la temporada seca en el PECM como una estrategia para incrementar la supervivencia de las plantas en la época seca del año, temporada en la cual hay mayor pérdida de agua por evaporación.

Por otro lado, actualmente en la industria agrícola se ha implementado el uso de acolchados plásticos, cuyo propósito es el de evitar la pérdida de agua del suelo por evaporación, mejorar la absorción de nutrientes, permitir un mejor crecimiento radicular, el desarrollo de más y mejor follaje y controlar algunos fitopatógenos, con lo que se logra un aumento en la precocidad y producción de algunos cultivos agrícolas. Dicha herramienta puede ser útil para la reintroducción de especies en proyectos de restauración ecológica. En México se realizaron algunos estudios con acolchados plásticos y acolchados naturales en regiones de bosque tropical seco, donde se comprobó en los primeros su efecto como mitigadores de algunas condiciones microclimáticas tales como erosión de suelo, baja fertilidad y alta tasa de evaporación; que afectan directamente el crecimiento y establecimiento de las plantas al momento de su reintroducción (Barajas-Guzmán y Barradas, 2007a); por otro lado también se observó que los acolchados son un material adicional recomendable para reintroducir plantas criadas en vivero ya que incrementan la disponibilidad de los nutrientes, reducen el estrés hídrico y benefician el crecimiento de las plantas en cuanto a su diámetro y cobertura (Barajas-Guzmán y Barradas, 2007b). Otro estudio realizado en el PECM (Araiza, 2007) mostró que los acolchados plásticos en conjunto con otros factores como el endurecimiento natural de las semillas y el preacondicionamiento hídrico de las plantas favorecen a su supervivencia y establecimiento, debido a que protegen el suelo. Sin embargo no

se han realizado estudios con *S. mexicana* utilizando acolchados plásticos como una herramienta para incrementar su supervivencia y crecimiento en el PECM. Por lo que con base en estos antecedentes y con el propósito de diseñar las estrategias que permitan recuperar la cubierta vegetal de un sitio deteriorado en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM) y promover, a largo plazo la recuperación del ecosistema, el presente trabajo pretende evaluar el uso de acolchados en la supervivencia de especies nativas reintroducidas al PECM y compararla con la de los sitios en donde hay una protección de sombra brindada por algunos manchones de vegetación

3. ANTECEDENTES

3.1 Restauración ecológica

El abuso desmedido del ser humano sobre los recursos naturales ha ocasionado la pérdida de muchos ecosistemas y el daño en muchos otros, provocando así la transformación de los ambientes y un desequilibrio ecológico que afecta a la interacción natural de los organismos que habitan en un lugar y al ser humano mismo. En respuesta a este precedente surge la necesidad de implementar nuevas estrategias de conservación y de restauración a los ecosistemas que se encuentran afectados por la acción humana, razón por la cual, se crea la restauración ecológica.

La restauración ecológica es una disciplina de la biología definida como la intervención humana mediante distintas estrategias que busca regresar a su estado original a un lugar degradado, dañado o perturbado principalmente por la acción humana, devolviéndole su funcionalidad, así como las interacciones ecológicas que imperaban en él, integrando los factores económicos y sociales para que intervengan en su recuperación (SER, 2010; Sánchez *et al.*, 2005; Zamora, 2002; Machado, 2000; Jackson, 1992); todo esto, se planifica con base en el conocimiento de la trayectoria ecológica del lugar y las causas que originaron el disturbio, es decir hay que tomar en cuenta los procesos de sucesión ecológica locales; ya que estos proporcionan información clave que permite tener mejores resultados al momento de implementar programas de restauración porque indican cuál podría ser la mejor ruta a seguir para reconstruir la composición y el funcionamiento de la zona (Clewel, 1999). Al mismo tiempo se deben tomar en cuenta los factores económicos y sociales que giran en torno al sitio que se quiere restaurar para lograr los objetivos planteados, ya que si no se cuenta con el apoyo y el compromiso de las

comunidades locales, cualquier práctica de restauración ecológica tiende a fracasar.

En México la restauración ecológica tiene un largo camino por recorrer, pero llevarlo a cabo no es tan sencillo, porque nos enfrentamos a varios problemas, como, por ejemplo, no siempre se sabe como era el ecosistema original y muchas veces no se cuentan con estudios previos referentes a su flora y fauna, tipo de suelo, etc., o bien no es posible estandarizar una técnica de restauración ecológica debido a que cada ecosistema es diferente y las fuentes de disturbio provocan sobre él distintos daños, dependiendo del tipo, intensidad y duración de éste por lo que se necesita una intervención distinta en cada ecosistema, y por lo tanto hay que definir las técnicas de restauración en cada caso, porque aunque se persiga la misma meta, el camino para lograrla suele ser diferente (SER, 2004; Hobbs y Norton, 1996; Cairns, 1991; Cairns, 1989). Sin embargo hay características del deterioro ambiental que se pueden tomar de guía para definir las técnicas y las metas e implementar programas de restauración ecológica. En primer lugar hay que tomar en cuenta que cada ecosistema tiene una elasticidad (Hobbs y Harris, 2001) y una resiliencia; la primera se refiere a la capacidad de un ecosistema para regresar a su estado original después de un disturbio y pueda seguir posteriormente una trayectoria ecológica estable, por lo que con la simple remoción del factor de disturbio sería suficiente para su recuperación; sin embargo, una vez pasado el nivel umbral de ésta, se puede considerar necesaria la intervención del hombre mediante programas de restauración ecológica; a su vez, la resiliencia hace énfasis en la cantidad y grado de disturbio que es capaz de soportar un ecosistema sin que éstos afecten su dinámica y sus propiedades funcionales y estructurales, además de que sea capaz de auto organizarse (Holling, 1973). En ese sentido es importante conocer

a fondo cuales son los factores de disturbio y sus características para determinar si se requiere o no hacer restauración.

Partiendo de este hecho, las metas de la restauración estarán encaminadas a lograr la estabilidad del ecosistema y que éste a su vez sea capaz de mantenerse por si sólo en el futuro (SER, 2004); no obstante, hay ocasiones que cuando se logra esto, el ecosistema resultante no es exactamente como era en su estructura original, y en su lugar se puede obtener un ecosistema alternativo, que puede estar o no cerca de la estructura y funcionalidad del ecosistema original; pero el camino que tome depende de muchos factores (Aronson, *et al.* 1993). De acuerdo con lo anterior Bradshaw (1989), propone el siguiente esquema:

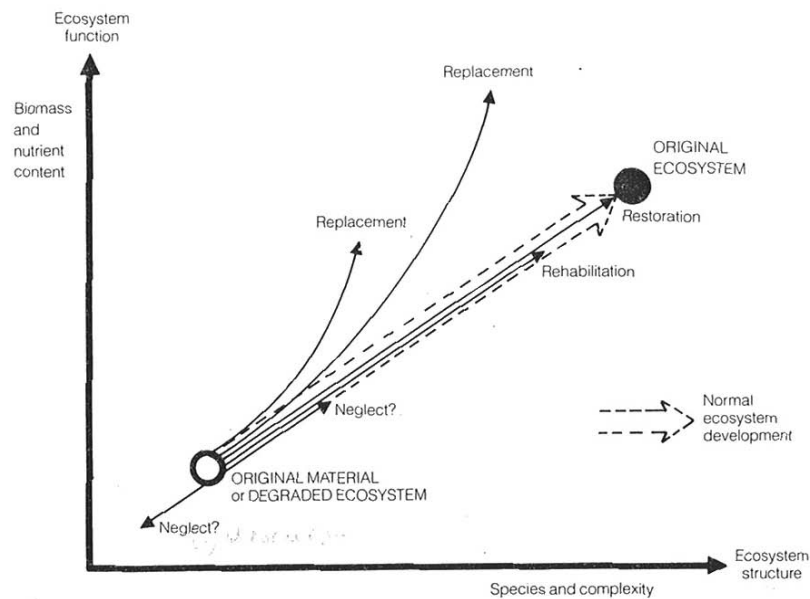


Fig 1. Esquema tomado de Bradshaw (1989), que propone los diferentes ecosistemas alternativos que se pueden obtener después de la intervención del hombre con algún programa de restauración e incluso sin su intervención. También se muestra la relación de estos ecosistemas en relación con la estructura del ecosistema y su funcionalidad.

No obstante, el asunto importante en restauración ecológica es lograr que el ecosistema resultante cuente con los atributos necesarios para considerarlo

restaurado; y es precisamente debido a la complejidad de cada ecosistema, que la Society for Ecological Restoration International (SER por sus siglas en inglés) (2010), propone una serie de atributos del ecosistema que se pueden considerar para determinar si se ha conseguido la restauración, dichos atributos son los siguientes:

En primer lugar un ecosistema restaurado debe poseer los factores bióticos y abióticos necesarios para continuar manteniéndose por sí solo tanto en estructura como en función y debe ser capaz de interactuar con otros ecosistemas vecinos en cuanto a sus flujos bióticos y abióticos; debe contar con un conjunto de especies que representen al hábitat del ecosistema original o de referencia; debe tener todos los grupos funcionales necesarios para la estabilidad del ecosistema o al menos tener los suficientes para que los grupos que falten puedan establecerse más adelante de manera natural, además debe poseer la elasticidad necesaria para soportar los eventos potenciales de estrés locales normales del lugar, así como también el ambiente físico del lugar debe tener la capacidad de soportar a las poblaciones reproductivas a través del tiempo y finalmente tuvieron que ser eliminadas o mitigadas las posibles amenazas de disturbio, lo suficiente para permitir que continúe la trayectoria ecológica del lugar (SER, 2010).

Lo anterior indica la gran complejidad que existe en cuanto se decide poner en práctica algún programa de restauración ecológica, sin embargo, de acuerdo con Hobbs y Norton (1996) se pueden enumerar los siguientes puntos que hay que tomar en cuenta para obtener mejores resultados:

- 1.- Identificación del proceso que dio origen al disturbio (diagnóstico).
- 2.- Desarrollo de métodos que amainen o eliminen el proceso de disturbio.

3.-Determinación de metas realistas para restablecer las especies y su funcionalidad ecológica, reconociendo las limitaciones y barreras culturales, socioeconómicas que intervengan en su implementación.

4.- Desarrollo de medidas de éxito fácilmente observables (seguimiento).

5.- Desarrollo de técnicas prácticas que se puedan implementar para el logro de las metas de restauración.

6.-Documentar y comunicar esas técnicas para emplearlas en futuros planes de manejo de la tierra o bien que sirvan de referencia en otras investigaciones.

Además Dobson *et al.* (1997), proponen que las intervenciones de restauración ecológica suelen ser más exitosas si se imita a la naturaleza en términos de sucesión ecológica, ya que esto nos acercaría al ecosistema restaurado en un lapso de tiempo menor a lo que ocurriría de forma natural. Todo lo anterior quiere decir, que antes de comenzar cualquier programa de restauración se debe tener un panorama claro de cuáles serán las metas a cumplir para poner en práctica la técnica más adecuada en un lugar determinado; ya que actualmente muchos ecosistemas se encuentran tan perturbados que ya no es posible hablar de restauración ecológica en un sentido estricto, más bien se trata de implementar diversas técnicas de revegetación, rehabilitación, en donde la finalidad no es recuperar el ecosistema original, sino crear uno que cumpla con los requerimientos ecológicos funcionales necesarios para su autorregulación. En particular, la revegetación es una técnica utilizada en lugares donde se ha perdido gran parte de la cubierta vegetal y se requiere conservar sobre todo el valor estético, mientras que la rehabilitación involucra la remoción de factores de disturbio, principalmente contaminantes, y donde se pueden introducir especies no nativas, para que el ecosistema resultante recupere su funcionalidad y pueda seguir de forma autónoma aunque no sea igual al original (Throop, 2000; Aronson *et al.* 1993).

Aunque actualmente hay avances en los temas de restauración, aún falta mucho que saber respecto a la implementación de planes de manejo para áreas perturbadas y de cuál es la mejor técnica de reintroducción de especies.

3.2 Métodos de propagación de plantas y sus bases funcionales

La propagación de plantas fue muy importante en el desarrollo de las civilizaciones humanas, porque gracias a la manipulación y domesticación de diferentes especies se dio lugar a la agricultura, que constituyó una parte integral del desarrollo económico y cultural de los pueblos antiguos, y al mismo tiempo proporcionó las bases para el estudio de nuevas técnicas que permitieran obtener mejores resultados en la obtención de plantas sanas con las características deseadas.

Actualmente la propagación de plantas no sólo es importante en el sector agrícola, sino que también se ha extendido su importancia hacia otras y muy diversas actividades económicas (producción de árboles de navidad, plantas de ornato, restauración ecológica, reforestación etc.), también ha crecido su importancia en el campo de la investigación, ya que conocer los procesos y las bases funcionales de la propagación nos permite saber cómo es más fácil obtener un gran número de plantas en un periodo corto y ayudar así a su conservación, en caso de que se encuentren en peligro de extinción, o bien cuando es necesario reintroducirlas en algún lugar deteriorado. Existen dos rutas en las que se puede propagar plantas: la propagación por semilla (sexual) y la propagación vegetativa (asexual).

En ambas intervienen factores externos (ambientales) e internos; dentro de los primeros se encuentra la luz, la temperatura, la cantidad de agua presencia de plagas y otros patógenos. Dentro de los segundos se encuentran las fitohormonas, que son sustancias de bajo peso molecular activas en pequeñas

concentraciones, y que además están involucradas en la inducción y regulación del crecimiento, de las cuales destacan por su importancia las giberelinas (GA_s), auxinas, citocininas, ácido abscísico (ABA) y etileno.

Giberelinas: Fueron caracterizadas en la década de los 50's y de esta hormona, el producto comercial más importante, se conoce como ácido giberélico (GA₃). Aparece en alta concentración en el desarrollo de la semilla y están asociadas con la germinación, la pérdida de la latencia y la movilización de las reservas del endospermo, también aparecen como promotoras de crecimiento de los primordios de las hojas, raíces, frutos y tubérculos y promueve la elongación de la raíz. En cuanto al desarrollo de la planta, las giberelinas participan en la transición del estado juvenil al estado adulto, así como en los procesos de floración y fructificación (Hartmann *et al.*, 2002) (Taiz y Zeiger, 2006)

Auxinas: Dentro de este grupo se encuentra el Ácido indol-3 acético (IAA); éste es una hormona de crecimiento involucrada en muchas de las actividades de las plantas que incluyen la inhibición de las yemas laterales y terminales de las plantas, está involucrada en la división, elongamiento y diferenciación celular, formación de las capas de abscisión de las hojas y frutos, activación del crecimiento cambial y activación del desarrollo de raíces adventicias, y esta última es la responsable de que en el mercado se utilice una auxina sintética (ácido-indol-3 butírico) para prácticas de propagación vegetativa (Hartmann *et al.*, 2002; Taiz y Zeiger, 2006).

Citocininas: Es la hormona más importante en el crecimiento de las plantas porque favorece la división celular. Cuando se encuentra combinada con las auxinas tiene diferentes acciones en el desarrollo de las plantas. A mayor concentración de auxinas y baja de citocininas se favorece la formación de yemas; a mayor concentración de citocininas y baja de auxinas se favorece la

formación de callo y pueden interactuar con giberelinas y ABA en el control de la latencia de las semillas (Hartmann *et al.*, 2002).

Acido abscísico: El ABA es una hormona de la clase de inhibidores de crecimiento, se sintetiza a partir del ácido mevalónico a partir de la ruptura de los pigmentos carotenoides, y su biosíntesis ocurre en el cloroplasto. Se encuentra presente en todos los órganos de las plantas superiores, pero la función que tenga depende de su concentración, entre otras cosas juega el papel de regulador primario en la iniciación y mantenimiento de la latencia, en la respuesta de las plantas al estrés, principalmente el estrés hídrico, además, se encuentra involucrado en otros procesos del desarrollo de las plantas, principalmente como antagonista de otras hormonas como las auxinas, giberelinas, etileno y citoquininas (Taiz y Zeiger, 2006; Hartmann *et al.*, 2002).

Etileno: Es un gas de simple estructura, pero que tiene gran influencia en el crecimiento de las plantas, en la senescencia y abscisión de la hojas y la estimulación de yemas laterales frutos y flores (Hartmann *et al.*, 2002).

Propagación por semilla: Este tipo de propagación, se hace a partir de la germinación de la semilla, y permite obtener plantas con diferente genotipo y por lo tanto con mayor variabilidad genética.

La semilla es el óvulo maduro de una flor que contiene al embrión en su interior, y es la unidad reproductiva de las plantas vasculares superiores (angiospermas y gimnospermas); ésta se produce a partir de la polinización de una flor, y como resultado de la fecundación del óvulo. Las semillas pueden ser de muchas formas y tamaños, pueden estar cubiertas o desnudas pueden estar dentro de un fruto carnoso y comestible o no, e incluso pueden poseer estructuras adicionales que les permita recorrer grandes distancias antes de establecerse. Además dentro de ellas hay una cantidad de sustancias de reserva: carbohidratos, lípidos y proteínas que le servirán al momento de la

germinación. Todas las características están relacionadas con sus estrategias de dispersión y germinación.

La semilla pasa por varias etapas para que el proceso de germinación se lleve a cabo: 1) entrada de agua (imbibición) 2), comienzo de procesos metabólicos y degradación y movilización de sustancias de reserva y 3) emergencia de la radícula (Bewley y Black, 1994; Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). No obstante, en ocasiones este proceso se puede ver obstaculizado por otros factores como la latencia de la semilla, que es un estado de reposo en el cual la semilla no germina a pesar de tener las condiciones de luz, humedad y temperatura adecuados.

Existen tres tipos de latencia: la latencia innata, la latencia inducida y la latencia obligada (forzada) o impuesta (Harper, 1957) La primera se establece durante el desarrollo de las semillas. El segundo tipo se desarrolla después de la dispersión, cuando hay en el ambiente una serie de factores ecológicos desfavorables, como la humedad, la temperatura y la concentración de oxígeno que hace que la semilla no pueda germinar aunque continúe viva, y no se pierde aunque se remuevan las causas que la originaron y el último tipo es cuando a pesar de estar lista para germinar no lo hace por la falta de algún factor externo como la luz o periodos distintos de temperatura. Para otros autores la latencia forzada de Harper (1957) es un reposo (quiescencia) causado por la falta de un requerimiento para la germinación, por lo que lo denominan pseudolatencia (Baskin y Baskin, 2004).

Una vez rotas las barreras que impiden la germinación se pueden obtener individuos sanos siempre y cuando las condiciones ambientales lo favorezcan (agua, luz, temperatura y nutrientes). Este tipo de propagación es frecuentemente utilizada para plantas de rápido crecimiento.

3.2.1 Germinación de *Salvia mexicana*

Las especies de la familia Lamiaceae, a la que pertenece *S. mexicana*, está integrada por un grupo de plantas que se distribuye en un amplio rango altitudinal y longitudinal y en casi todos los tipos de hábitats, por lo general colonizan lugares abiertos o que fueron perturbados; por lo que son plantas que se ven favorecidas por la deforestación, aunque esto no significa que no se encuentren en lugares conservados, incluso son consideradas malezas en algunos países (Holm *et al.* 1979). La razón por la cual tienen éxito en estos lugares es que ellas crecen en forma natural en claros de bosques, por lo que están adaptadas a ocupar sitios con alta irradiación, altas temperaturas y cierto estrés hídrico. Las plantas del género *Salvia* y otras labiadas presentan semillas polimórficas, una fracción grande de cada cohorte de semillas presentan principalmente latencia fisiológica de profundidad variable, mientras que otra fracción es simplemente quiescente, lo que les permite dejar un banco de semillas heterogéneo en el suelo y germinar en forma dispersa en el espacio y en el tiempo, cuando las condiciones ambientales son favorables (Baskin y Baskin, 2004).

Un estudio ecofisiológico realizado por Reyes-Ortega (1997) sobre la germinación de las lamiáceas, en el que incluía a *S. mexicana*, mostró que esta especie presenta latencia innata ó primaria que probablemente se deba a la inmadurez del embrión, la cual se rompe con un periodo de postmaduración o con la aplicación de ácido giberélico, además mostró que esta especie también puede presentar latencia secundaria después de un periodo de almacenamiento en el laboratorio o en el suelo. De acuerdo con Baskin y Baskin (2004) otras especies del mismo género como *S. azevaredoi*, *S. fruticosa*, *S. mellifera* y *S. gomifera* también presentan latencia fisiológica ó innata (*sensu* Harper, 1957).

Por lo anterior, si se requiere hacer propagación por semilla de esta especie, para fines de restauración, es necesaria la aplicación de fitohormonas como el GA₃ para romper la latencia de las semillas y obtener un mayor número de plántulas.

3.3 Efecto de Borde

El factor humano es sin duda el causante del deterioro ecológico que ocurre en la mayoría de los ecosistemas naturales (Sánchez *et al.*, 2005). El crecimiento de la población y la consecuente demanda de servicios provocan que muchas áreas naturales se vean afectadas, principalmente por la deforestación, dicha actividad se da principalmente para cambiar el uso de suelo por actividades ganaderas, agrícolas o bien para crear sitios donde puedan establecerse nuevos asentamientos humanos. A su vez, la deforestación trae como consecuencia la fragmentación de los hábitats provocando cambios en todos los procesos ecológicos que existían en una determinada región, ya que se pierde la biodiversidad de la zona, sin embargo, pese a que la estructura del lugar original se pierde, pueden permanecer fragmentos de vegetación que conserven las características del ecosistema original, y es precisamente cerca de los bordes de vegetación remanente donde se pueden encontrar características microclimáticas que favorezcan la germinación, crecimiento y establecimiento de nuevas especies vegetales que lleguen de fuera o se encuentren dentro del fragmento (Meiners *et al.*, 2002; Matlack, 1994; William-Linera, 1990), así como también favorecerá con el tiempo la inmigración de otras especies, que interactúen con las que se encuentran dentro del fragmento (Meiners *et al.*, 2000; Murcia, 1995). A este conjunto de procesos que ocurren a una distancia cercana del borde se le denominan efectos de borde, término que fue utilizado por primera vez por Leopold, 1933; sin embargo la composición y la dinámica de las especies cercanas al borde de la vegetación así como la

interacción con las especies fuera del borde es un campo que todavía no está totalmente descifrado

El efecto de borde de un fragmento de vegetación reúne una serie de cambios ambientales que pueden ser clasificados según Turton y Freiburger (1997) como abióticos y bióticos; dentro de los primeros se encuentran los cambios que se producen en la temperatura del ambiente y del suelo, humedad relativa y la incidencia de luz, mientras que los segundos tienen que ver con la dinámica de las especies, su abundancia y su distribución. No obstante el efecto de borde de un fragmento depende de las características que éste posea, tales como su cobertura, tamaño, composición vegetal, de su orientación, altitud y grado de disturbio (Peña-Becerril *et al.*, 2005)

3.4 Acolchados

Los acolchados son cubiertas empleadas en distintos cultivos para la protección de la capa superficial de suelo, y éstos pueden ser orgánicos ó plásticos. Dentro de los primeras podemos encontrar algunos formados con hojarasca o con paja (Orduña, 1994), y en los segundos existen plásticos de varios calibres y colores que pueden ser blanco, negro, azul, blanco/ negro y negro/plateado, no obstante el uso de acolchados comenzó como una técnica meramente agrícola, en la que se emplean para mejorar las condiciones de humedad en el suelo, porque abaten la pérdida de agua por evaporación (Ramírez, 1996), por otro lado ayudan a la eliminación de algunos patógenos (Vos *et al.*, 1995), permiten que la descomposición de la materia orgánica sea más rápida (Monks *et al.*, 1997; Ramírez, 1996), pueden ayudar a evitar la erosión de suelo por efecto del arrastre, regula la temperatura del suelo (Barajas-Guzman *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2004), ayudan a incrementar el rendimiento de la cosecha (Montague *et al.*, 1998; Tilander y Bonzi, 1997) y ayudan a abatir el crecimiento de malas hierbas (Ramakrishna *et a.l.*, 2006;

Ghosh *et al.*, 2006). Todo esto porque al ponerlo sobre la superficie del suelo se modifican sus condiciones físicas.

Basados en todos estos atributos, es posible su utilización en proyectos de restauración ecológica, donde uno de los principales problemas que se presentan al momento de reintroducir especies vegetales al campo es la baja tasa de supervivencia. Esta supervivencia se encuentra afectada por varios factores, que además determinan el crecimiento y establecimiento de la plantas, dichos factores son la falta de agua por evaporación en la temporada seca del año, la exposición directa a la luz solar, la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y la herbivoría (Nobel, 1991). En ese sentido los acolchados contribuyen a mantener la humedad bajo la planta abatiendo el porcentaje de evaporación, controlando las fluctuaciones de temperatura alrededor de la planta y facilitando de esta manera su establecimiento.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿El uso de acolchados y el manejo de la sombra proyectada por fragmentos de la vegetación es un método eficiente para favorecer el crecimiento y la supervivencia de especies nativas (*Salvia mexicana*) reintroducidas en zonas perturbadas del Parque Ecológico de la Ciudad de México?

¿El uso de acolchados favorece el crecimiento y la supervivencia de especies nativas (*S. mexicana*) reintroducidas en zonas perturbadas del Parque Ecológico de la Ciudad de México?

¿El efecto de borde de los fragmentos de vegetación favorece el establecimiento de *S. mexicana*?

¿Las técnicas de acolchados plásticos y el manejo de sombra proyectada por los fragmentos de vegetación tienen un efecto sinérgico que permitan crear micrositios que favorezcan la supervivencia y el crecimiento y por lo tanto sean herramientas útiles en programas de restauración ecológica?

5. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis General:

Si el estrés hídrico, lumínico y térmico limitan el crecimiento y la supervivencia de *S. mexicana*, entonces utilizar la sombra de la vegetación remanente del ecosistema fragmentado y los acolchados plásticos para mitigar estos tipos de estrés permitirá una mayor conservación de la humedad, un abatimiento de la temperatura y una menor insolación, que generará un microclima favorable para la supervivencia y crecimiento de *S. mexicana*, por lo tanto serán recomendables para implementarlos en programas de restauración ecológica y/o recuperación de la cubierta vegetal.

5.2 Hipótesis particulares

1) Si los acolchados plásticos y el aprovechamiento de la sombra proporcionada incrementan los valores de las variables del crecimiento y la supervivencia, entonces estos parámetros serán mayores en los sitios donde se pongan los acolchados plásticos y que estén sombreados por la vegetación.

2) Si el uso de acolchado plástico como protección de la insolación evita la pérdida de agua del suelo por evaporación, entonces su uso favorecerá el establecimiento de plántulas de *S. mexicana* en sitios degradados de las zonas expuestas más que en las zonas sombreadas.

3) Si la sombra proporcionada por los fragmentos de vegetación brinda protección a las plántulas de *S. mexicana*, entonces el aprovechamiento de éstas favorecerá su supervivencia y crecimiento.

4) Si las técnicas de acolchados plásticos y el manejo de sombra proyectada por los fragmentos de vegetación incrementan el crecimiento y la supervivencia de plantas transplantadas al campo entonces su uso en conjunto se puedan implementar para programas de restauración ecológica y/o recuperación de cubierta vegetal.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar si el uso de acolchados plásticos y el manejo de la sombra proyectada por los fragmentos de la vegetación son métodos que favorezcan el crecimiento y la supervivencia de plántulas de *S. mexicana* reintroducidas a zonas perturbadas del PECM.

6.2 OBJETIVOS PARTICULARES:

Evaluar el efecto del acolchado plástico en las zonas sombreadas y expuestas sobre el crecimiento en altura, cobertura, diámetro a la base (DBT) y número de hojas y supervivencia de *S. mexicana*.

Determinar la calidad de la sombra proyectada por pequeños fragmentos de vegetación a través de mediciones de densidad de flujo fotónico (DFF) temperatura.

Determinar si la sombra proporcionada por los fragmentos de vegetación favorece el crecimiento en altura, cobertura, diámetro a la base (DBT) y número de hojas y la supervivencia de *S. mexicana* con respecto a los sitios sin protección.

Determinar si la interacción de la sombra y el acolchado plástico son factores que en conjunto facilitarán el crecimiento y el establecimiento de *S. mexicana* con respecto a las zonas no sombreadas.

Evaluar el costo/beneficio del uso de acolchados y el manejo de sombras de los fragmentos de vegetación en la reintroducción de *S. mexicana*.

7. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Parque Ecológico de la Ciudad de México se ubica a la altura del km 6 de la carretera Picacho-Ajusco en la delegación Tlalpan y colinda al sur con las faldas del volcán Xitle. Tiene altitudes que van desde los 2500 hasta los 2800 msnm, cuenta con un clima templado subhúmedo y una temperatura promedio de 15° C; tiene una precipitación media anual aproximada de 1000 mm que se concentra en la época lluviosa que va de mayo a octubre (González-Hidalgo *et al.*, 2002).

El lugar se convirtió en pedregal a consecuencia de la lava arrojada por la erupción del volcán Xitle hace 1670 a.c. (± 35) (Siebe, 2000), pero no de la lava proveniente del cono del volcán, sino por la de las bocas que se encontraban alrededor de éste, provocando así la modificación de las condiciones físicas del lugar, y dando lugar a la formación de nueva vegetación (Cano-Santana y Meave, 1996). Las partes más bajas están dominadas por matorrales xerófilos, mismos que tienen un grado de perturbación mayor comparado con la vegetación que se encuentra a mayor altitud; donde domina el bosque de encino. El suelo formado es poco profundo y es de origen eólico y orgánico principalmente, así como también por acarreos de origen aluvial y/o humano; siendo las grietas y depresiones los lugares donde hay una acumulación mayor de éste (Rzedowski, 1954).

Cuenta con tres tipos de vegetación dominantes que son matorral xerófilo, bosque de encino y bosque de pino-encino, los cuales se encuentran influenciados por factores macro y microclimáticos; que tienen que ver con la altitud principalmente, ya que de ésta dependen la temperatura, la humedad y la exposición a la luz, además la cantidad de suelo acumulado también juega un papel importante en el tipo de vegetación que se establece en el lugar, debido a que suelos poco profundos no permiten el establecimiento de especies leñosas

muy altas. El parque cuenta con 420 especies de plantas registradas, donde la mayoría corresponde a angiospermas, aunque también se pueden encontrar gimnospermas y algunas briófitas (Bonfil *et al.*, 1997).

El bosque denso de encino se encuentra ubicado en las zonas donde hay suelos más profundos, las especies más frecuentes son el encino (*Quercus laurina*, *Q. crassipes* y *Q. rugosa*). Entre este bosque y el matorral xerófilo es común encontrar especies como el tepozán (*Buddleia cordata*) y el madroño (*Arbustus jalapensis*). En el matorral podemos encontrar algunas especies dominantes que crecen en suelos poco profundos y que además son funcionales en condiciones donde el agua es limitada, como son *Sedum oxypetalum*, *S. praecox*, *Agave salmiana*, *Dodonea*, y menos abundante *S. mexicana*, que se encuentra principalmente en zonas de transición. Aunque la existencia de todas está restringida al grado de perturbación de las zonas (González-Hidalgo *et al.*, 2002).

Desde su declaración como Área Natural Protegida en 1989, el PECM se ha visto afectado por asentamientos humanos irregulares lo que originó que actualmente existan en él distintos niveles de disturbio. A pesar de la fragmentación de la roca volcánica con maquinaria pesada o bien con herramientas manuales (picos, palas, etc.), el parque aún cuenta con un gran potencial de regeneración y una alta riqueza biológica (Cano-Santana *et al.*, 2008; Castillo-Argüero *et al.*, 2007; Cano-Santana *et al.*, 2006; Cano-Santana y Meave, 1996) (Fig. 2).

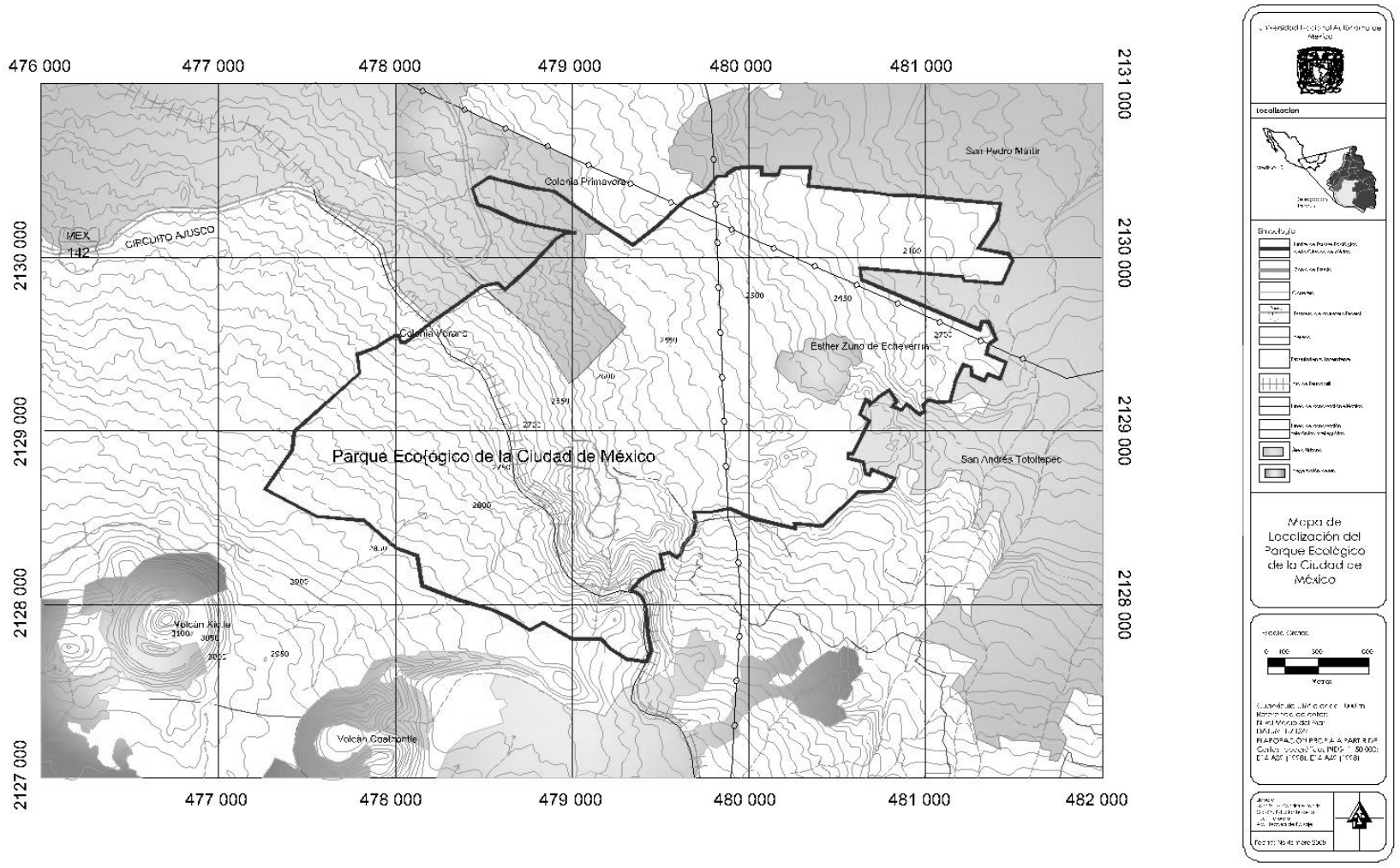


Fig. 2 Ubicación del Parque Ecológico de la Ciudad de México.

8. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE:

Salvia mexicana: Es una planta herbácea o arbustiva perenne, de 50 cm a 3 m de alto; su tallo por lo general tiene pubescencia aplicada blanco-tomentosa; láminas foliares ovadas, de 6 a 18 cm de largo, de 2.5 a 12 cm de ancho, agudas o a menudo acuminadas en el ápice, cuneadas, a veces anchamente, y a menudo oblicuas en la base, densamente blanco-tomentosas en la juventud, casi glabrescentes con la edad; brácteas ovadas, de 0.6 a 1.2 cm de largo, de 3 a 5 mm de ancho, acuminadas, pubescentes en el dorso, ciliadas en el margen, deciduas, pedicelos de 0.3 a 1.2 cm de largo, primero erectos, después patentes, tomentosos; el cáliz es de 0.8 a 1.7 cm de largo, de 3 a 8 mm de ancho, pubescente a lo largo de las nervaduras, rara vez glabrescentes, sus lóbulos cuspidados; corola azul, de 2-4 a 4.3 cm de largo, 5 mm de ancho, pilosa en forma general, su labio superior de 1.3 a 1.4 cm de largo, el inferior de 1.2 cm de largo; estilo de 3.6 a 5 cm de largo, barbado. Se localiza en el Valle de México en altitudes de 2250 -3000 msnm. Tlalpan, Contreras, Obregón, Milpa Alta, Xochimilco, etc. (Rzedowski y Rzedowski, 1985)(Fig. 3).



Fig. 3. Planta de *S. mexicana* en el Parque Ecológico de la Ciudad de México.

9. MATERIALES Y MÉTODOS

9.1 Propagación de plantas

9.1.1 Capacidad germinativa

Se recolectaron en el PECM semillas de *S. mexicana* en febrero del 2009. Se desinfectaron alrededor de 600 semillas con una solución de hipoclorito de sodio al 10% durante 5 min; posteriormente se enjuagaron bajo el chorro de agua y se dejaron secar al aire libre. Una vez secas, se realizaron pruebas de capacidad germinativa: una muestra control (sin tratamiento) y las restantes con tres tratamientos pregerminativos: imbibición en soluciones de 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm de ácido giberélico respectivamente, hasta observar un cambio de volumen, el cual indica la imbibición de la semilla. Posteriormente se tomaron 150 semillas de cada tratamiento y se colocaron en cinco cajas Petri (30 semillas por caja) con algodón y papel filtro y se humedecieron cada tercer día. Las cajas se colocaron en cámaras de germinación Lab-Line 455 Instrument, Inc. (Melrose Park Illinois) a 25 °C y con un fotoperiodo de 12/12 h, luz/oscuridad. La germinación se registró durante un mes; diario los primeros 15 días y cada dos días los siguientes 15 días.

9.1.2 Trasplante de las plántulas a bolsas en una casa de sombra

Se llenaron doscientas bolsas negras de 10 x 30 cm, cada una con 500 g de una mezcla de tierra negra con arena sílica 1:1, v/v con la finalidad de darle porosidad al sustrato para un mejor desarrollo de las plántulas. A éstas se trasplantaron alrededor de 200 plántulas, provenientes de las semillas control 4–5 días después de la germinación y se colocaron en una casa de sombra ubicada en el Instituto de Ecología, UNAM en abril de 2009, donde se quedaron tres meses para que alcanzaran una altura adecuada para su trasplante al PECM y comenzara la época lluviosa (Fig. 4). Se regaron cada tercer día a capacidad de campo.



Fig.4. Muestra de las plantas de *S. mexicana* en la casa de sombra del Instituto de Ecología, UNAM.

9.2 Trasplante en campo

En la parte suroeste del PECM se seleccionó una zona deteriorada, misma que fue alterada hace aproximadamente 30 años, al extraer, remover y fragmentar la roca volcánica con maquinaria pesada, lo que alteró también el suelo. Actualmente la zona cuenta con algunos manchones de vegetación y está aledaña al borde del bosque de encino. La zona cuenta con aproximadamente 6-7 ha.

Dentro de la zona se eligieron cinco fragmentos de vegetación arbórea que proyectan su sombra hacia el Noroeste en la época seca entre las 10:00 y 14:00 h (Fig. 5), generando zonas sombreadas, a cada uno de los cuales se trasplantaron diez individuos de plantas provenientes de semillas control, separados entre sí aproximadamente 0.6–1 m. Esta distancia se determinó con base en la distribución del sustrato rocoso, se evitaron los sitios que tenían exclusivamente roca expuesta. Dentro de la misma zona y siguiendo el mismo procedimiento se colocaron las plantas en cinco sitios no sombreados. En ambos casos a cada uno, de la mitad de los individuos se les colocó, alrededor

de su base una película de acolchado plástico (Plasti stretch S.A. de C.V., México) de color blanco/negro de 50 × 50 cm aproximadamente, dejando la parte de color blanco hacia arriba, para que reflejara la luz y redujera la evaporación del agua del suelo (Fig. 6). La distribución espacial de los individuos de cada tratamiento se determinó con base en un diseño de bloques al azar (Fig. 7)

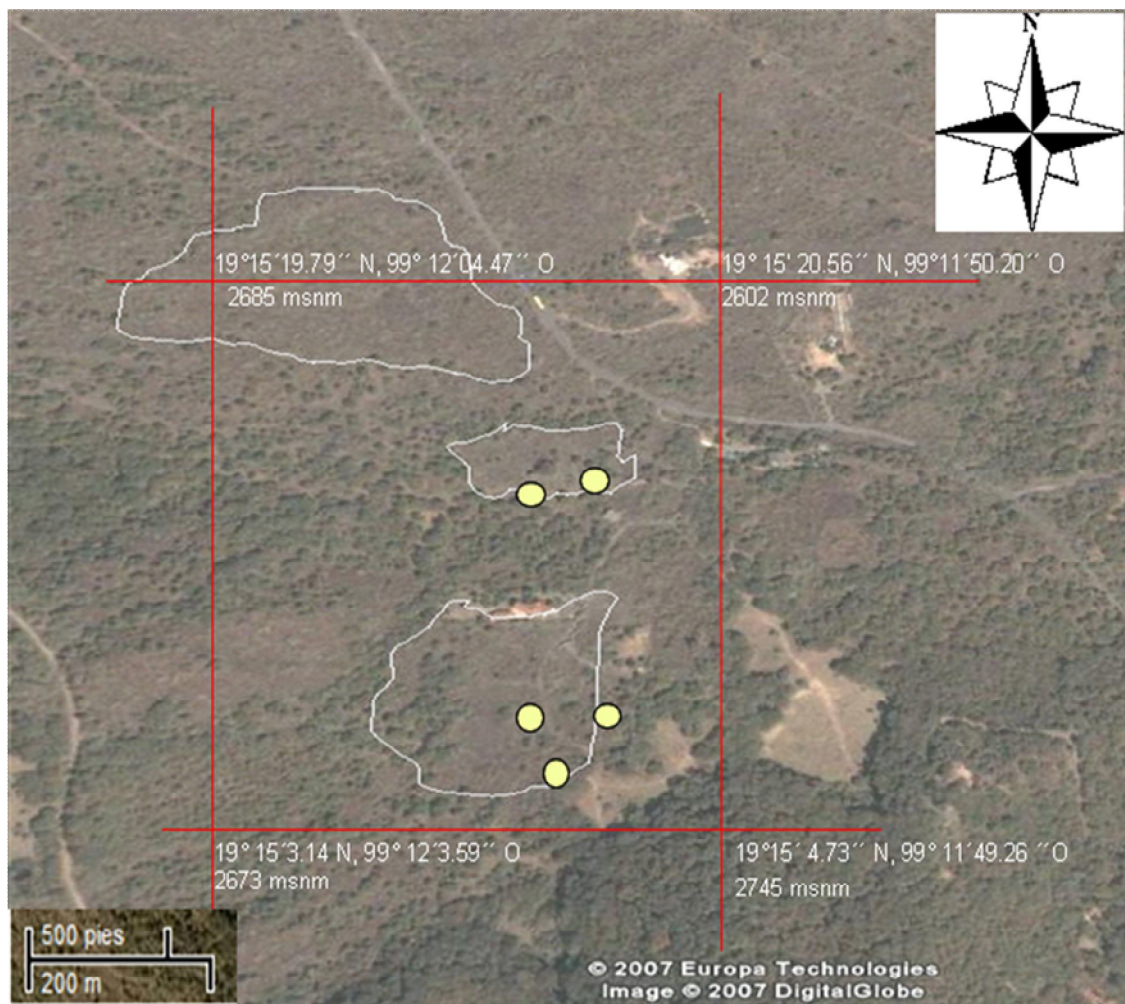


Fig. 5 Ubicación de los fragmentos de vegetación seleccionados, dentro de las zonas degradadas en el PEM.(Imagen tomada desde 3.87 km de altura)



Fig. 6 A) Planta con acolchado, B) planta sin acolchado

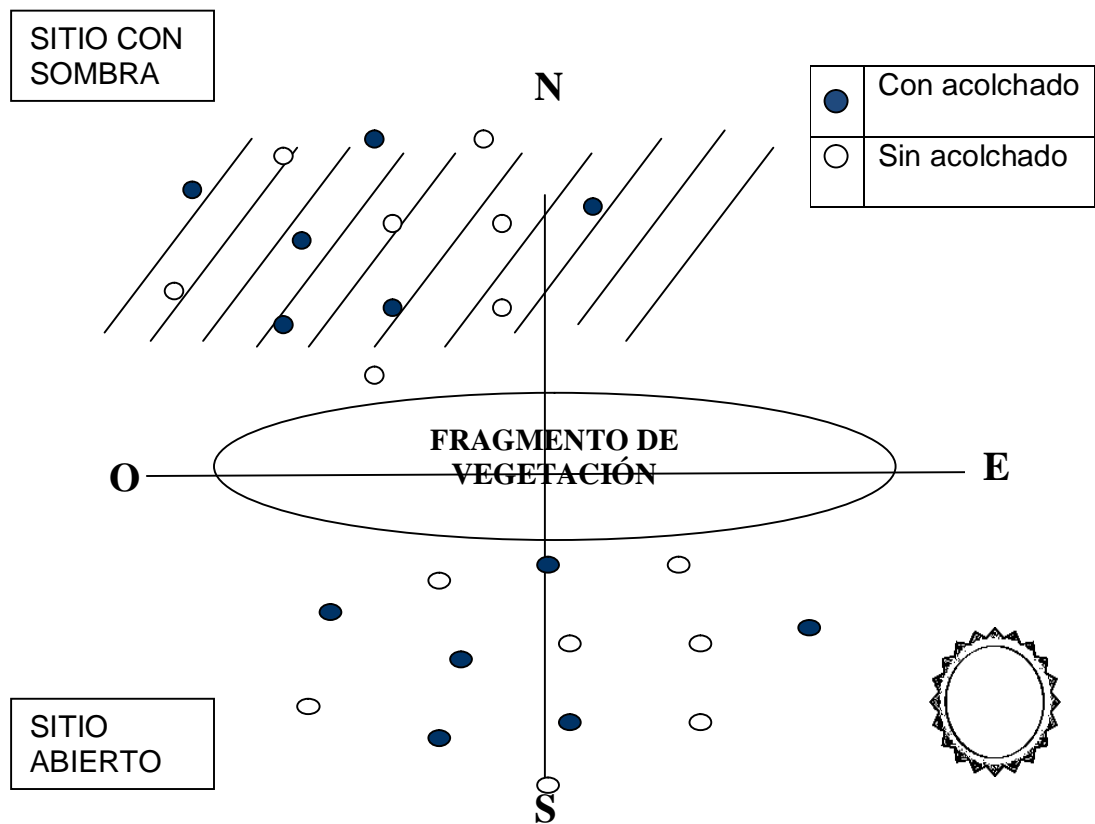


Fig. 7 Esquema que muestra la distribución espacial de la plantación dentro de un fragmento de vegetación en el PECM.

Durante un año, a partir de su trasplante al campo, (julio 2009 - julio 2010) se registraron mensualmente la supervivencia y variables de crecimiento como altura, cobertura, diámetro a la base del tallo y número de hojas.

9.3 Caracterización macro y microambiental

Se realizó un listado de las especies de plantas más abundantes del estrato arbóreo y arbustivo que estaban presentes en cada fragmento, así como se determinó con un GPS la ubicación y tamaño de cada fragmento. Las características de cada fragmento se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales de los fragmentos

FRAGMENTO DE VEGETACIÓN 1						
ALTITUD (msnm)	DIMENSIONES (m)		VEGETACIÓN MÁS ABUNDANTE			PENDIENTE
	ORIENTACIÓN N-S	ORIENTACIÓN E-O	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO	
2642	18.8	17.5	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Senecio praecox</i>	<i>Salvia mexicana</i>	3-5%
			<i>Buddleia cordata</i>	<i>Sedum oxypetalum</i>	<i>Opuntia spp</i>	
			ALTURA ESTRATO ARBÓREO (m)	<i>Agave salmiana</i>		
			6			
FRAGMENTO DE VEGETACIÓN 2						
ALTITUD (msnm)	DIMENSIONES (m)		VEGETACIÓN MÁS ABUNDANTE			PENDIENTE
	ORIENTACIÓN N-S	ORIENTACIÓN E-O	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO	10%
2643	20	13	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Senecio praecox</i>	<i>Salvia mexicana</i>	
			<i>Buddleia cordata</i>	<i>Sedum oxypetalum</i>	<i>Dahlia coccinea</i>	
				<i>Agave salmiana</i>	<i>Wigandia urens</i>	
			ALTURA ESTRATO ARBÓREO (m)	<i>Buddleia cordata</i> (individuos jóvenes)	<i>Bouvardia terniflora</i>	
			5.5		<i>Opuntia spp.</i>	
FRAGMENTO DE VEGETACIÓN 3						
ALTITUD (msnm)	DIMENSIONES (m)		VEGETACIÓN MÁS ABUNDANTE			PENDIENTE
	ORIENTACIÓN N-S	ORIENTACIÓN E-O	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO	
2642	20.3	19.5	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Senecio praecox</i>	<i>Salvia mexicana</i>	10%
			<i>Buddleia cordata</i>	<i>Sedum oxypetalum</i>	<i>Dahlia coccinea</i>	
	ALTURA ESTRATO ARBÓREO (m)		<i>Arbutus unedo</i>	<i>Agave salmiana</i>	<i>Bouvardia terniflora</i>	
	6.7			<i>Buddleia cordata</i> (individuos jóvenes)		
FRAGMENTO DE VEGETACIÓN 4						
ALTITUD (msnm)	DIMENSIONES (m)		VEGETACIÓN MÁS ABUNDANTE			PENDIENTE

	ORIENTACIÓN N-S	ORIENTACIÓN E-O	ESTRATO ARBOREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO	
2620	20	17.5	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Senecio praecox</i>	<i>Salvia mexicana</i>	7-10%
				<i>Sedum oxypetalum</i>	<i>Dahlia coccinea</i>	
			ALTURA ESTRATO ARBÓREO (m)	<i>Agave salmiana</i>		
			7.5			
FRAGMENTO DE VEGETACIÓN 5						
ALTITUD (msnm)	DIMENSIONES (m)		VEGETACIÓN MÁS ABUNDANTE			PENDIENTE
	ORIENTACIÓN N-S	ORIENTACIÓN E-O	ESTRATO ARBOREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO	
2610	25.4	20	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Senecio praecox</i>	<i>Salvia mexicana</i>	10%
				<i>Sedum oxypetalum</i>	<i>Dahlia coccinea</i>	
			ALTURA ESTRATO ARBÓREO (m)	<i>Agave salmiana</i>	<i>Bouvardia terniflora</i>	
			9	<i>Quercus rugosa</i> (individuos jóvenes)		

Junto a las plantas trasplantadas se midió la temperatura del suelo mensualmente a partir de octubre del 2009 en seis puntos de cada una de las áreas sombreadas y en seis de cada una de las áreas abiertas, con recolectores de datos HOBO (U12-013 (Onset Computer Corporation, Pocasset, MA, USA). Para definir la calidad de la sombra, en cada uno de los lugares en que se colocaron las plantas, se midió en cinco áreas sombreadas y en cinco expuestas la densidad de flujo fotónico (DFF) para la Radiación Fotosintéticamente Activa (400–700 nm) con un cuántometro modelo LI 185A (LI-COR, Inc., NE, USA), a partir de octubre del 2009.

La medición de la temperatura y la DFF se llevó a cabo en dos días de cada mes. La temperatura se midió cada 24 minutos durante el día, de las 8:00 am a las 17:00 pm; los mismos días se midió cada hora la DFF, de las 8:00 am a las 17:00 h.

9.4 Diseño experimental:

El diseño experimental fue:

dos niveles de acolchado x dos niveles de sombra x cinco sitios de trasplante = 20 tratamientos

El número total de individuos sembrados fue: 20 tratamientos x 10 individuos = 200 individuos.

9.5 Análisis estadístico

Se tomaron en cuenta como variables continuas de crecimiento: altura, diámetro a la base y cobertura; y como variables discretas de crecimiento se utilizaron el número de hojas y sobrevivencia.

Para ver si había diferencias significativas entre los tratamientos utilizados y confirmar las hipótesis planteadas, al final del experimento y los datos obtenidos se normalizaron y se analizaron con una MANOVA usando el programa Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc.USA).

La tasa de crecimiento relativo para la altura se obtuvo con la fórmula $(TRC = (\ln h_2 - \ln h_1) / (t_2 - t_1)^{-1})$ donde h = la altura de la planta y t = el tiempo(en dos intervalos de seis meses cada uno), esto con base en Hunt, 1982. Se hizo la comparación estadística de los cambios en TRC en altura con una MANOVA de 4 vías en función de los factores tiempo, sitio, sombra y acolchado utilizando el programa Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc.USA). El cambio en número de hojas y en la supervivencia se comparó con una MANOVA, usando el programa JMP ver. 4.0.2 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). La cobertura se calculó con base en la fórmula de la elipse $A = ((a + b/4)^2)^2 * \pi$. La relación entre la temperatura y la DFF y la altura de las plantas se determinaron con una regresión lineal para cada factor utilizando el programa TableCurve 2D, v. 3 (AISN Software, Chicago, IL, USA). Por último se determinó si existieron

diferencias significativas entre la temperatura y la DFF promedio, máximo y mínimo entre los sitios en que estas variables se evaluaron, con base en los factores tiempo, sitio y sombra a través de una MANOVA en el programa Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc.USA).

9.6 Análisis de costo

Al término de la investigación se realizó un análisis del costo económico por la utilización de acolchados, sumando el capital total invertido y dividido entre el total de plantas sobrevivientes:

Total del dinero invertido ÷ número de plantas sobrevivientes con acolchado

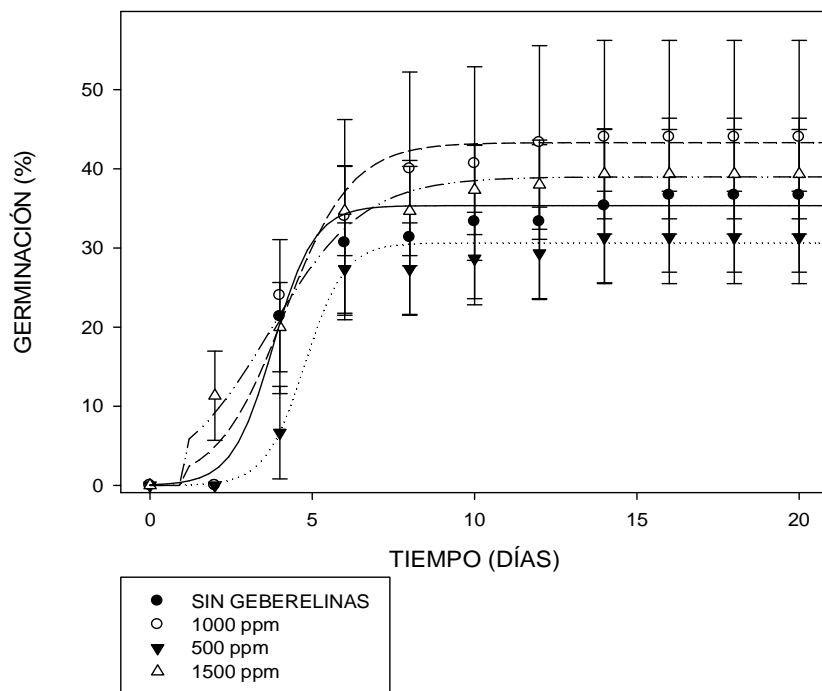
vs

Total Dinero invertido ÷ número de plantas sobrevivientes sin acolchado.

10. RESULTADOS

10.1 Capacidad germinativa

La capacidad germinativa se incrementó cuando se aplicaron 1000 ppm de giberelinas, sin embargo no hubieron diferencias significativas ($P > 0.05$) ni en la capacidad germinativa, ni en la velocidad de germinación por efecto del ácido giberélico. (Gráfica 1).

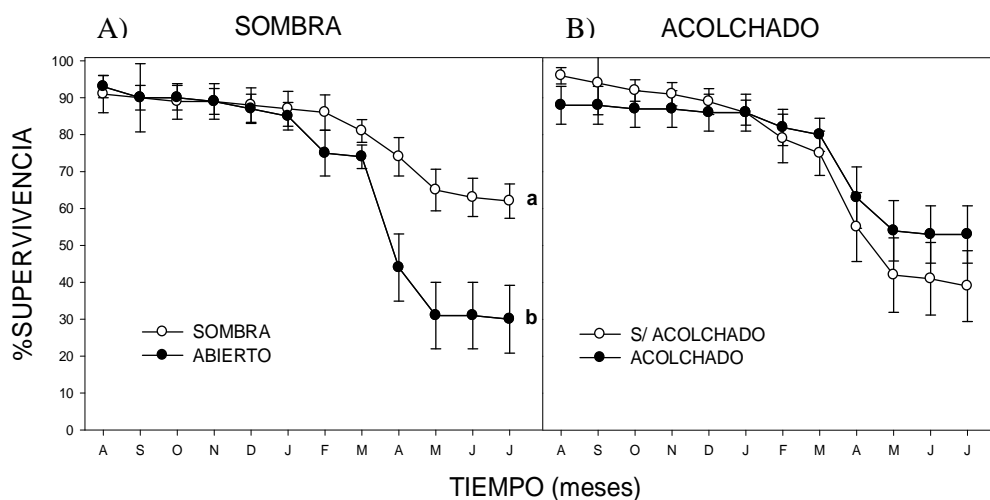


Gráfica 1. Curvas acumuladas de la germinación de las semillas de *S. mexicana* a lo largo del tiempo, con diferentes concentraciones de ácido giberélico. Se presentan la media \pm error estándar $\times 2$, $n = 150$.

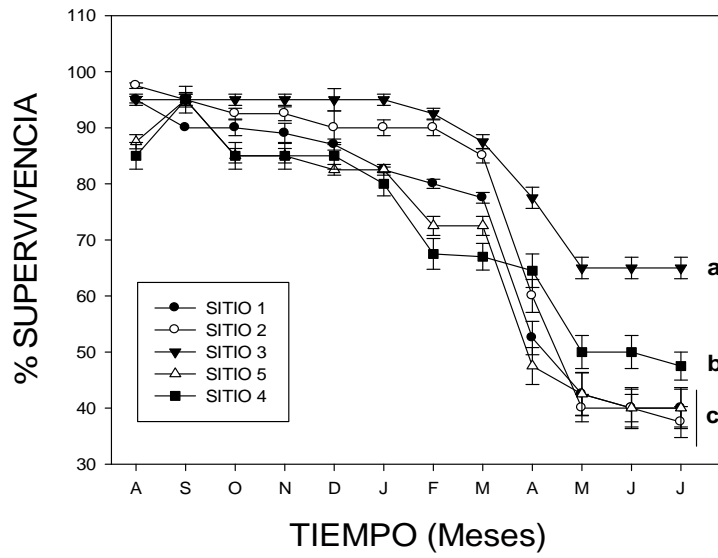
10.2 Supervivencia

Se encontraron diferencias significativas entre los sitios a partir del sexto mes después del trasplante (enero) y, entre los tratamientos, a partir del octavo mes (marzo). La supervivencia fue significativamente mayor en los sitios con sombra. Los sitios con sombra en promedio tuvieron mayor supervivencia (62 %) que los sitios abiertos (30%) (Gráfica 2A, Anexo A) excepto en el sitio 3, que

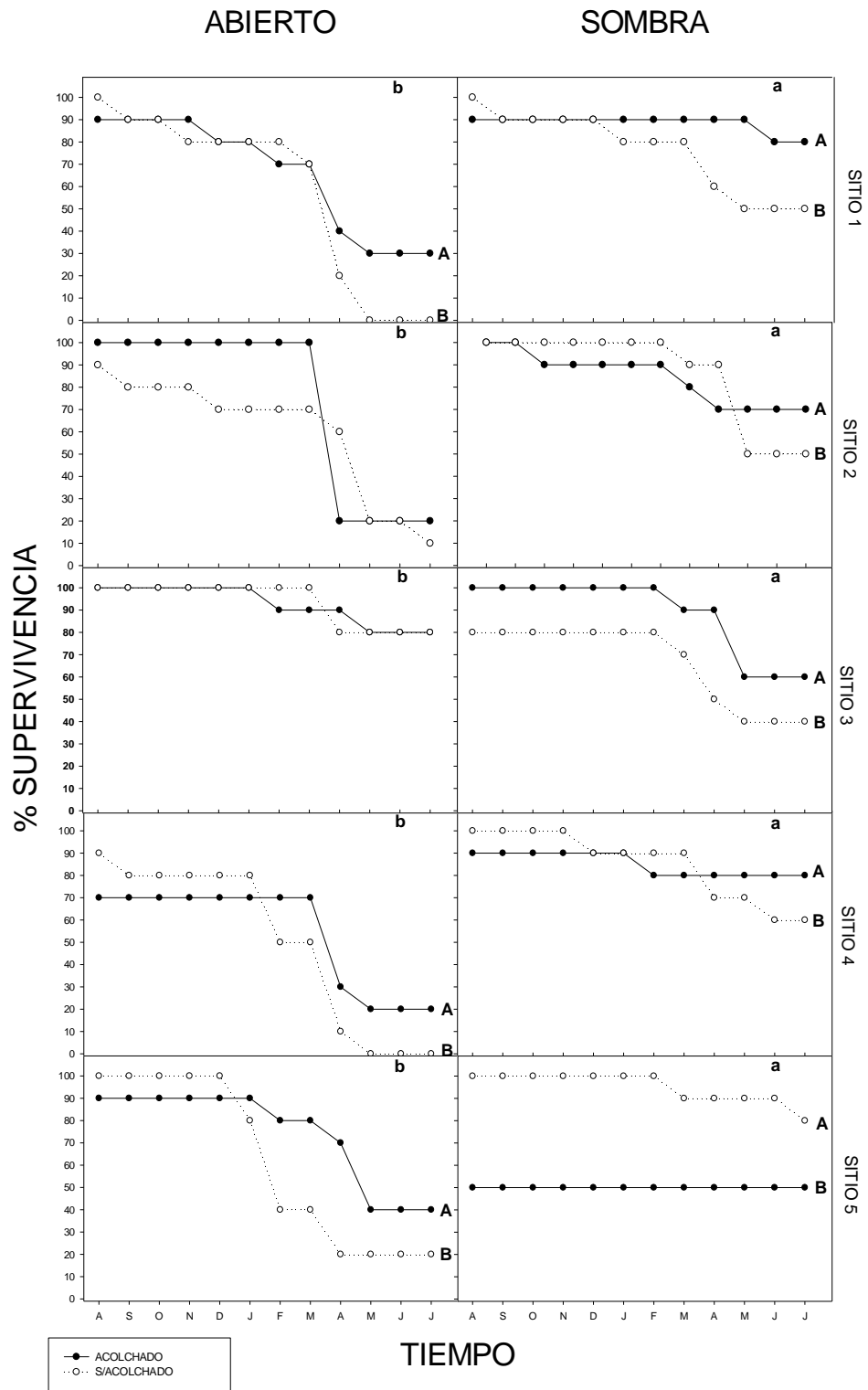
tuvo mejores resultados en los sitios abiertos (Gráfica 4). A partir del octavo mes el acolchado tuvo un efecto positivo, significativo, en la supervivencia para los sitios 1, 4 y 5 abiertos, y en los sitios 1, 2, 3 y 4 para los sitios con sombra; en el sitio 5 el acolchado tuvo un efecto negativo.(Gráfica 4). De forma general las plantas con acolchado tuvieron una supervivencia promedio del 52% y las que no lo tuvieron, alcanzaron una supervivencia del 38%, aunque no fue significativa (Gráfica 2B, Anexo A). El sitio 3 (Gráfica 3) tuvo mayor supervivencia al final del experimento (66%) misma que fue significativa con respecto a los otros sitios y entre ellos (38%,40% 42%y48 respectivamente).



Gráfica 2. Supervivencia promedio en: A) los sitios con sombra y los abiertos, B) con acolchado y sin él. Las letras minúsculas diferentes muestran las diferencias significativas ($P \leq 0.05$).



Gráfica 3. Supervivencia de las plantas de *S. mexicana*, a través del tiempo, en los cinco sitios. Las letras indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

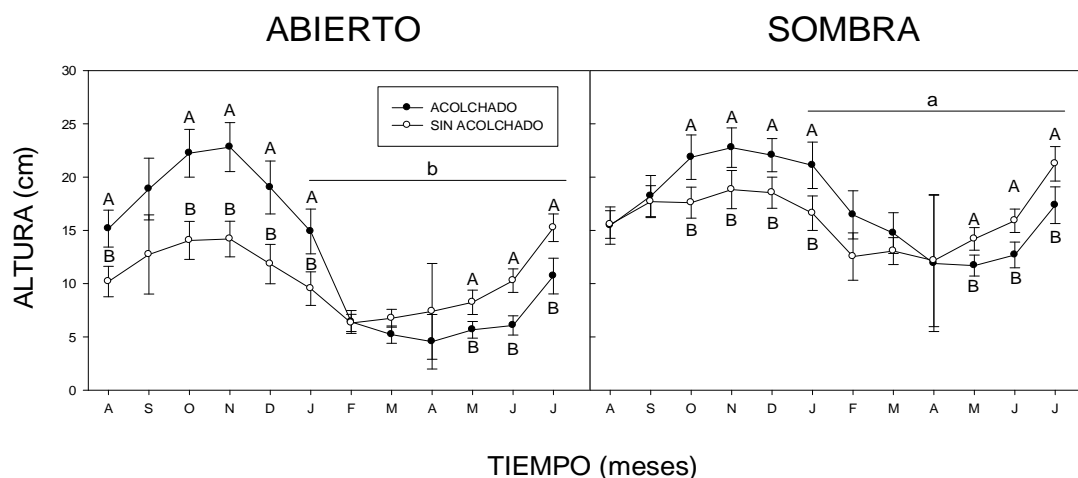


Gráfica 4. Curso temporal de la supervivencia de las plantas de *S. mexicana* al interior de los cinco sitios a partir de agosto, un mes después del trasplante, y con distintos tratamientos de acolchado. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos con y sin acolchado y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios con sombra y los abiertos.

10.3 Crecimiento

10.3.1 Altura

Debido a un número insuficiente de plantas sobrevivientes, para las variables de crecimiento se eliminó el efecto del sitio. El efecto del acolchado sobre el crecimiento en altura de las plantas de *S. mexicana* fue significativo durante todo el año ($P \leq 0.05$), excepto en los meses de agosto y septiembre en los sitios con sombra y en los meses de febrero, marzo y abril tanto en los abiertos como en los de sombra; de agosto a enero el acolchado favoreció que las plantas fueran más altas, sin embargo de mayo a junio las plantas que no tenían acolchado fueron más altas. En cuanto al efecto de la sombra, las plantas más altas se encontraron en los sitios que tenían protección de sombra en los meses de enero a julio (Gráfica 5, Anexo B).

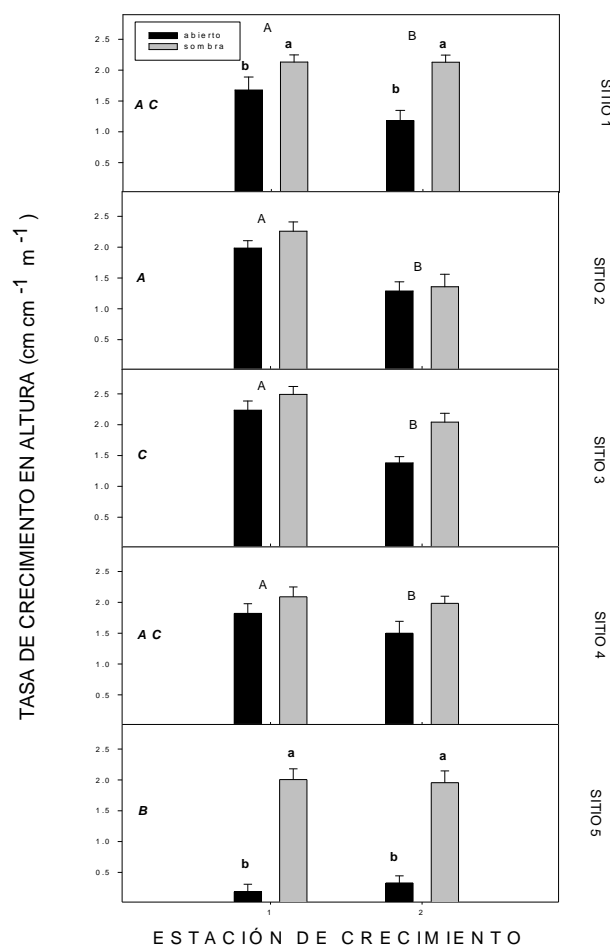


Gráfica 5. Efecto del acolchado y de la sombra en el crecimiento en altura de *Salvia mexicana*, a lo largo del año. Las letras mayúsculas denotan diferencias entre los tratamientos con acolchado y sin acolchado al interior de cada mes; mientras que las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios con y sin sombra ($P \leq 0.05$).

10.3.2 Tasa de crecimiento

Se observaron diferencias entre las tasas de crecimiento en altura de *S. mexicana* para los dos intervalos de tiempo tomados que corresponden a dos

periodos de crecimiento que se observaron para esta especie, agosto-enero y febrero-julio (final de las lluvias – época seca y finales de la época seca – época lluviosa); los valores más altos de TRC se alcanzaron en el periodo de agosto-enero para todos los sitios, excepto el sitio 5. Se presentaron TRC más altas en los sitios con sombra en los dos intervalos de tiempo sólo para los sitios 1 y 5. El acolchado no tuvo un efecto significativo para esta variable (Gráfica 6, Anexo C).

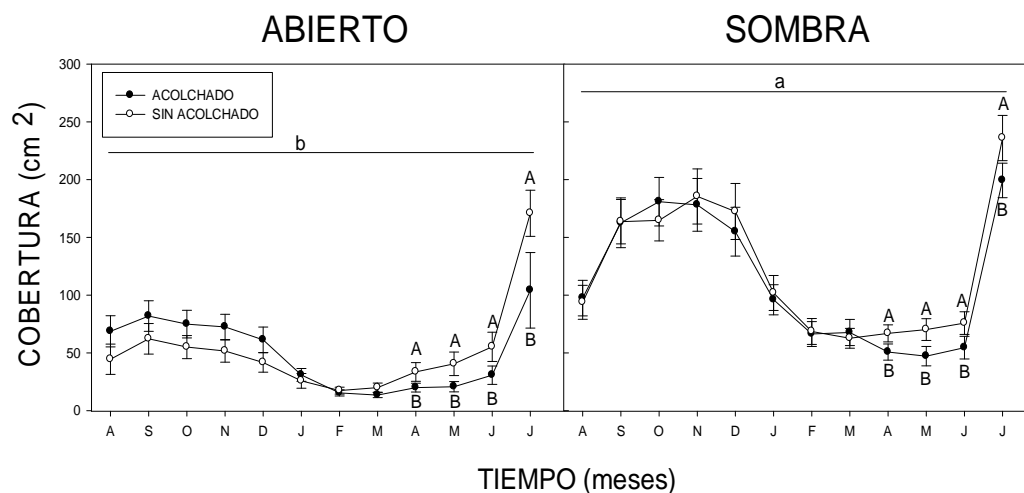


Gráfica 6. Tasa relativa de crecimiento en altura de plantas de *S. mexicana*. Las letras mayúsculas denotan las diferencias significativas entre los dos intervalos de tiempo (lluvias – secas y secas - lluvias); las letras minúsculas indican las diferencias entre los sitios con sombra y los abiertos y las letras mayúsculas, itálicas, indican las diferencias entre los sitios ($P \leq 0.05$).

10.3.3 Cobertura

La sombra tuvo un efecto significativo sobre la cobertura de las plantas, durante todo el año; las coberturas más grandes se observaron en los sitios con

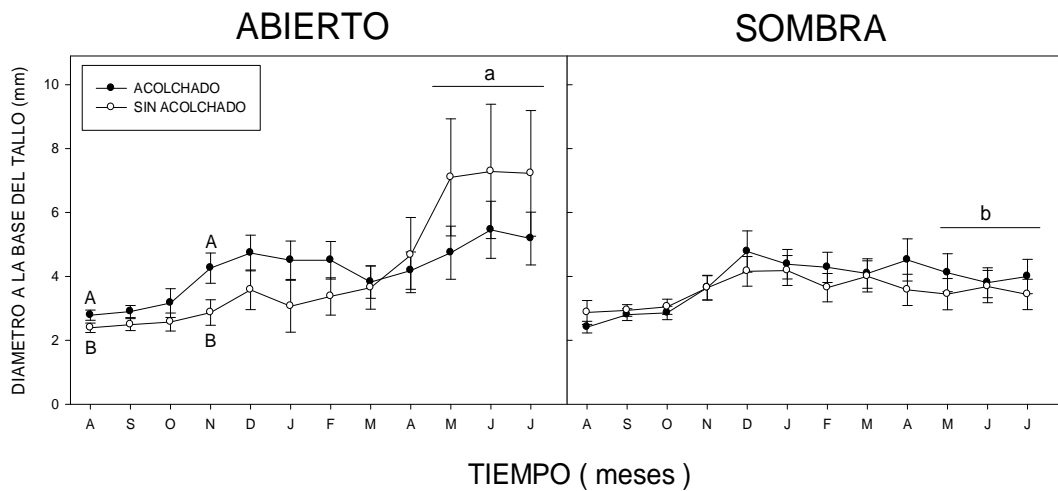
sombra. El acolchado tuvo un efecto positivo en los sitios abiertos de agosto a diciembre, sin embargo no fue significativo. Sin embargo, en los meses de mayo, junio y julio, las plantas que tuvieron las coberturas significativamente más grandes tanto en los sitios con sombra como en los abiertos fueron las que no tenían acolchado (Gráfica 7, Anexo D).



Gráfica 7. Efecto del acolchado y de la sombra, durante todo el año, en la cobertura de las plantas de *S. mexicana*. Las letras minúsculas distintas muestran las diferencias significativas entre los sitios con y sin sombra y las letras mayúsculas muestran las diferencias entre el acolchado ($P \leq 0.05$)

10.3.4 Diámetro a la base del tallo (DBT)

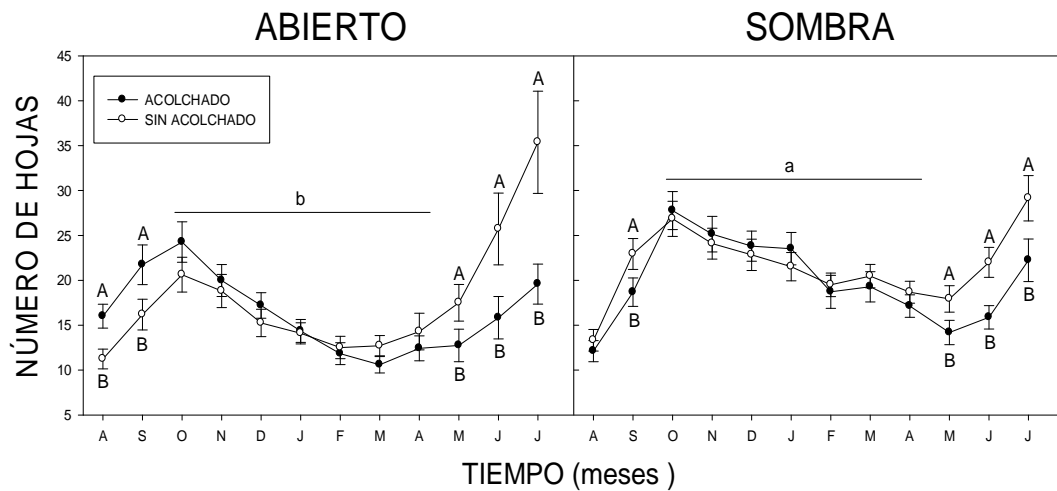
En los meses de mayo, junio y julio, en los sitios abiertos se observaron los DBT más grandes para las plantas de *S. mexicana*. El acolchado tuvo un efecto significativo en el DBT en los meses de agosto y noviembre, los dbt más grandes los tuvieron las plantas con acolchado sólo en los sitios abiertos. En forma opuesta, en los meses de abril a julio, se observaron DBT más grandes en las plantas que no tenían acolchado en los sitios abiertos aunque éste no fue significativo (Gráfica 8, Anexo E).



Gráfica 8. Diámetros a la base del tallo de las plantas de *S. mexicana* observados durante todo el año en los sitios abiertos y con sombra y al interior de cada mes con y sin acolchado. Las letras minúsculas indican las diferencias significativas entre los sitios con sombra y abiertos y las mayúsculas indican diferencia entre plantas con y sin acolchado ($P \leq 0.05$).

10.3.5 Número de hojas

Se observó un efecto positivo del acolchado sobre el número de hojas de las plantas de *S. mexicana* en los sitios abiertos en agosto y septiembre y en los sitios con sombra en septiembre, sin embargo en mayo, junio y julio se observó un mayor número de hojas en las plantas que no tenían acolchado tanto en los sitios abiertos como en los sombreados. Las plantas que tuvieron mayor número de hojas se observaron en los sitios con sombra de octubre a abril (Gráfica 9, Anexo F).

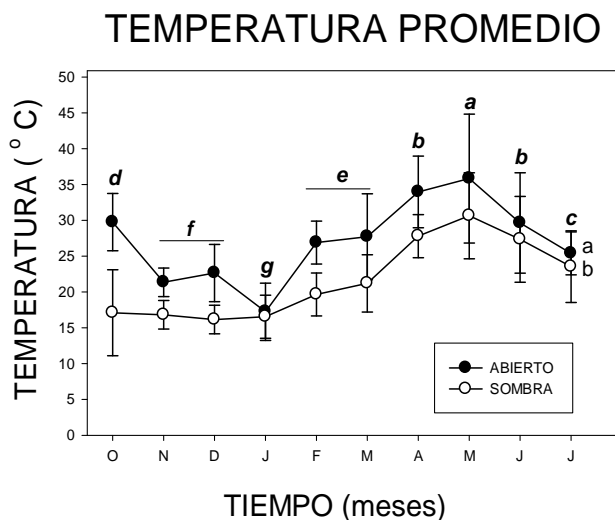


Gráfica 9. Número de hojas alcanzado por las plantas de *Salvia mexicana* durante todo el año en los diferentes sitios abiertos y con sombra y al interior de éstos con y sin acolchado. Las letras mayúsculas indican las diferencias significativas entre el acolchado y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios (sombreado y abierto).

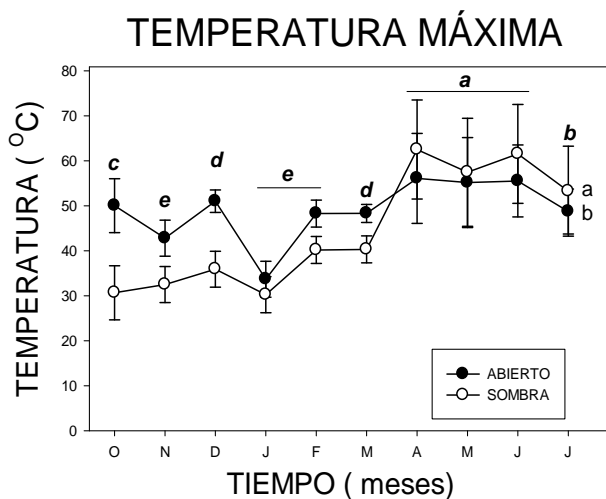
10.4 Temperatura

La temperatura fue significativamente diferente en el tiempo, entre los sitios abiertos y con sombra; las temperaturas promedio mensual más bajas se reportaron en el mes de enero, mientras que las temperaturas más altas se registraron en abril. Los sitios abiertos tuvieron temperaturas promedio más altas que los sombreados en los meses de octubre, noviembre, diciembre y febrero (Gráfica 10, Anexo G). En cuanto a los sitios, los sitios 2 y 3 tuvieron temperaturas promedio más altas sin diferencias significativas entre ellos y el sitio 5 más bajas (Anexo H). Las temperaturas máximas más altas se registraron en los meses de abril, mayo y junio y las más bajas en noviembre enero y febrero; de forma general, los sitios abiertos tuvieron temperaturas máximas más altas que los sitios con sombra en los meses de octubre, noviembre, diciembre, febrero y marzo sin diferencias significativa entre ellos (Gráfica 11, Anexo I). En general, el sitio 2 tuvo temperaturas significativamente más altas que el sitio 5

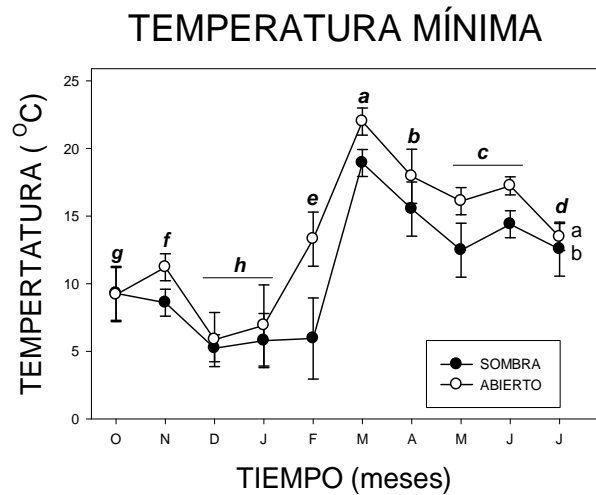
(Anexo J). Las temperaturas mínimas más altas se registraron en marzo y las más bajas en diciembre y enero. Los sitios cerrados tuvieron las temperaturas mínimas mensuales más bajas en noviembre, febrero, marzo, mayo y junio, para todos los sitios (Gráfica 12, Anexo K), sin embargo los sitios que tuvieron temperaturas mínimas más altas fueron los sitios 2 y 4 (Anexo L).



Gráfica 10. Temperatura promedio durante el tiempo de medición. Las letras minúsculas itálicas indican diferencias significativas en cada mes y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios abiertos y con sombra ($P \leq 0.05$).

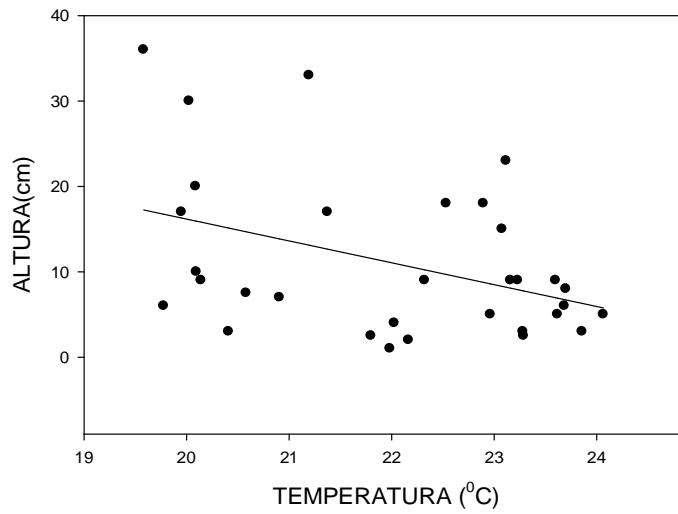


Gráfica 11. Temperatura máxima durante el tiempo de medición. Las letras minúsculas itálicas indican diferencias significativas en cada mes y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios abiertos y con sombra ($P \leq 0.05$).

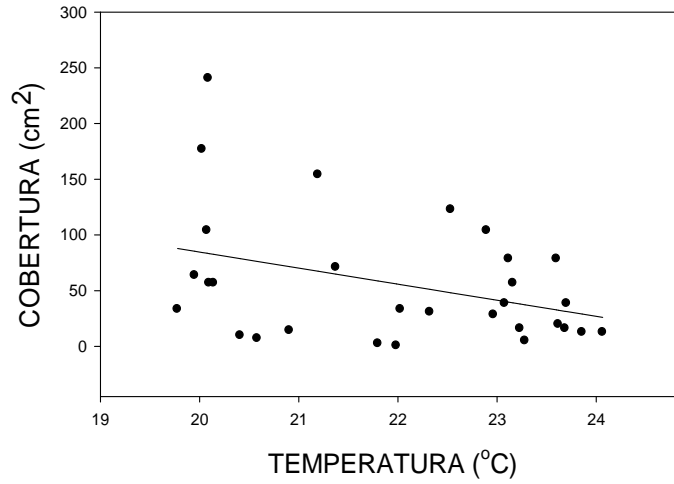


Gráfica 12. Temperatura mínima durante el tiempo de medición. Las letras minúsculas itálicas indican diferencias significativas entre meses y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios abiertos y con sombra ($P \leq 0.05$).

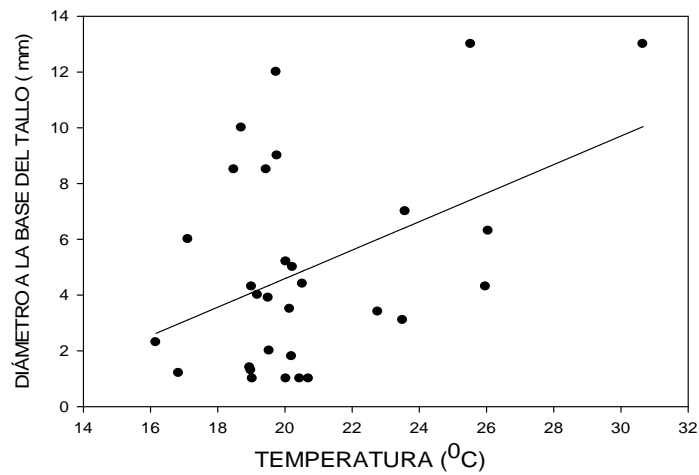
La temperatura promedio también tuvo un efecto sobre el crecimiento en altura, cobertura y el diámetro a la base del tallo. La altura de las plantas de *S. mexicana* se vio afectada negativamente por la temperatura mínima en los meses de enero, febrero y junio ($r^2 > 0.3668$, g.l. = 33, $P < 0.0016$); por la temperatura máxima negativamente en diciembre y marzo ($r^2 > 0.3902$, g.l. = 33, $P < 0.0009$) y por la temperatura promedio de forma negativa en noviembre, enero y marzo ($r^2 > 0.3111$, g.l. = 33, $P < 0.0062$). Del mismo modo la temperatura promedio tuvo un efecto negativo en la cobertura en los meses de octubre, noviembre, enero y marzo ($r^2 > 0.3548$, g.l. = 33, $P < 0.0021$) y positivo en los meses de junio y julio ($r^2 > 0.2102$, g.l. = 33, $P < 0.02418$). El DBT fue afectado de forma positiva por la temperatura promedio en febrero y junio ($r^2 > 0.3652$, g.l. = 33, $P < 0.0023$) y de forma negativa en abril ($r^2 = 0.5618$, g. l. = 33, $P = 0.0000$), también hubo una relación negativa con la temperatura mínima en diciembre ($r^2 = 0.3652$, g.l. = 33, $P < 0.0015$) y positiva con la temperatura máxima en febrero ($r^2 = 0.3600$, g.l. = 33, $P < 0.0001$). Las Gráficas 13, 14 y 15 muestran la relación de la temperatura promedio con la altura, cobertura y dbt respectivamente de marzo y febrero.



Gráfica 13. Relación de la temperatura promedio y la altura en el mes de marzo.



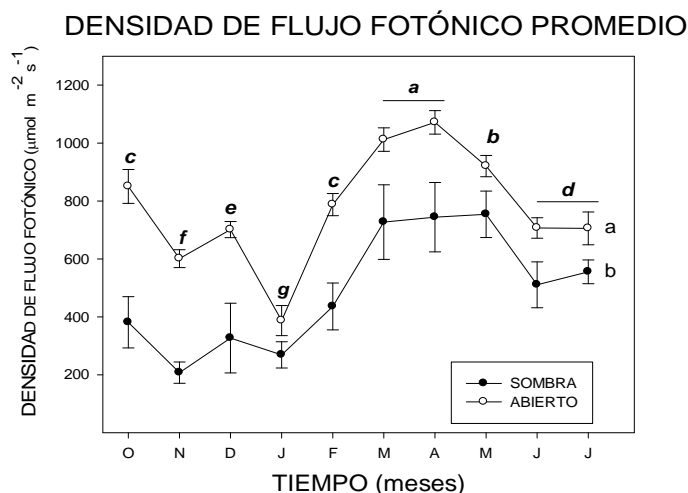
Gráfica 14. Relación de la temperatura promedio y la cobertura del mes de marzo.



Gráfica 15. Relación entre la temperatura promedio y el DBT en el mes de febrero.

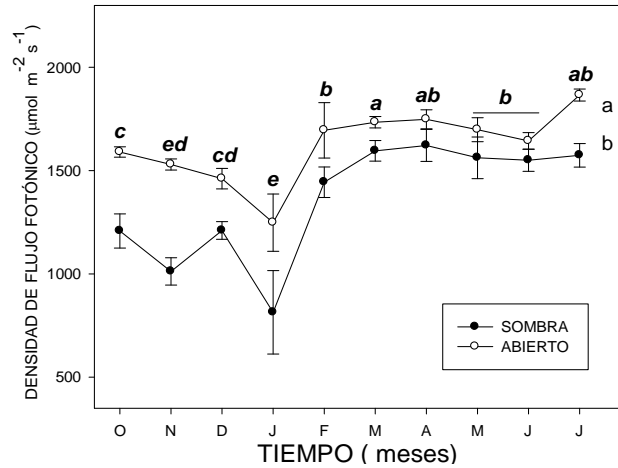
10.5 Densidad de flujo fotónico (DFF)

Se observaron diferencias en la DFF promedio, máximas y mínimas en el tiempo en los 5 sitios tanto abiertos como con sombra. Los meses que presentaron DFF promedio más altas fueron marzo y abril, y el más bajo fue en enero (Gráfica 16, Anexo M). Los sitios abiertos siempre tuvieron los valores de DFF promedio más altos con respecto a los que tenían sombra. El sitio 5 tuvo los valores promedio más altos en la mayoría de los meses, y los más bajos los sitios 1 y 3 (Anexo N). La DFF máxima más alta se registró de febrero a julio y la máxima más baja en enero y noviembre. Los sitios abiertos tuvieron una DFF máxima más alta que los sombreados todo el año, excepto en abril, mayo y junio (Gráfica 17, Anexo O); el sitio 5 que tuvo los valores máximos más altos que los otros sitios tanto en abierto como en sombra (Anexo P). La DFF mínima fue más alta en mayo, y las más bajas se presentaron en noviembre y diciembre sin diferencias estadísticas entre ellos; los sitios abiertos tuvieron los valores mínimos más altos que los sombreados en octubre, marzo, abril y mayo (Gráfica 18, Anexo Q), en todos los sitios excepto en el sitio 3 en dónde la densidad fue igual el sitio abierto y cerrado (Anexo R)



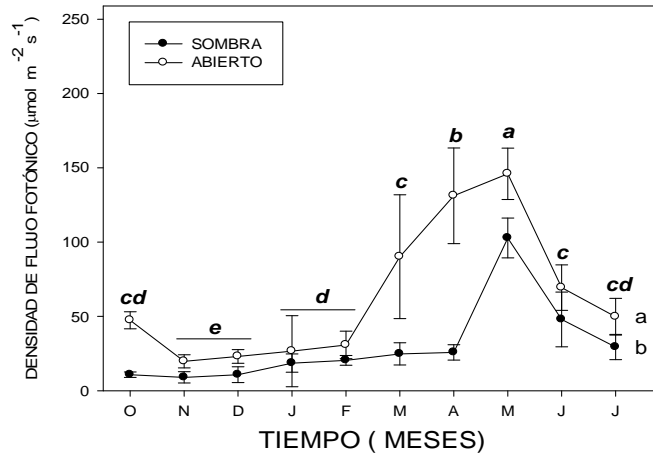
Gráfica 16. Se muestra la densidad de flujo fotónico promedio durante el tiempo de medición. Las letras minúsculas itálicas indican diferencias significativas en cada mes y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios abiertos y con sombra ($P \leq 0.05$).

DENSIDAD DE FLUJO FOTÓNICO MÁXIMA



Gráfica 17. Densidad de flujo fotónico máxima durante el tiempo de medición para los sitios expuestos y sombreados. Las letras minúsculas itálicas indican diferencias significativas en cada mes y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios abiertos y con sombra ($P \leq 0.05$).

DENSIDAD DE FLUJO FOTÓNICO MÍNIMA

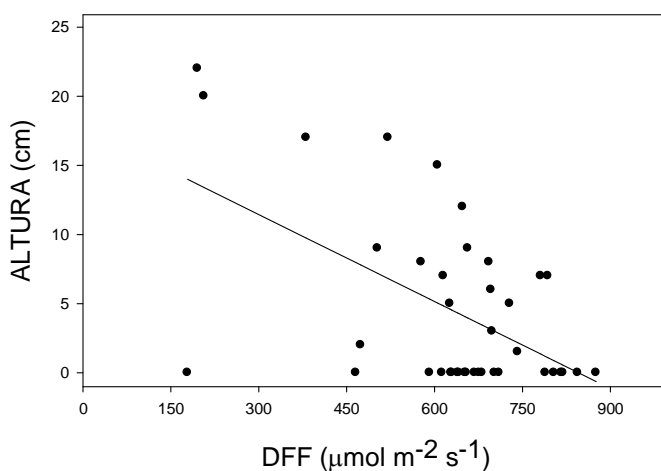


Gráfica 18. Se muestra la densidad de flujo fotónico mínima durante el tiempo de medición. Las letras minúsculas itálicas indican diferencias significativas en cada mes y las letras minúsculas denotan diferencias entre los sitios abiertos y con sombra ($P \leq 0.05$)

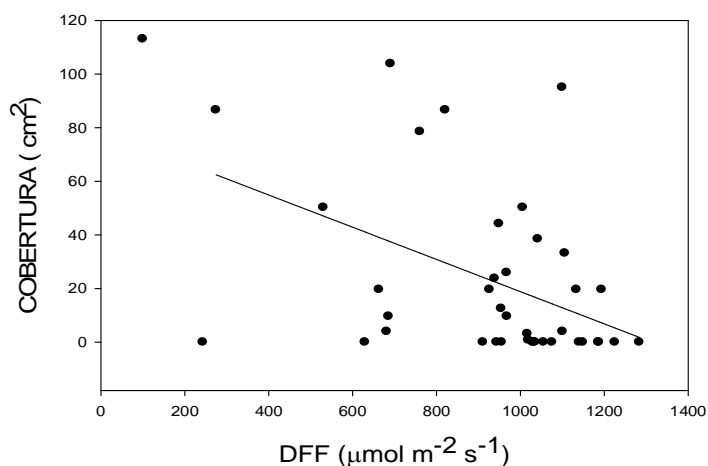
Para el análisis de regresión solo se reportan los casos en los que tanto la regresión como la pendiente de la curva fueron significativas. Hubo una relación entre la densidad de flujo fotónico y la altura, la cobertura y el dbt. La densidad de flujo fotónico promedio influyó negativamente en la altura de las plantas en los meses de enero, marzo, junio y julio ($r^2 > 0.3592$, g.l. = 43, $P < 0.00005$) la DFF máxima influyó negativamente en los meses de enero, abril y julio ($r^2 >$

0.5349, g.l. = 43, $P = 0.00001$) y la DFF mínima influyó negativamente en enero, abril y junio ($r^2 > 0.3855$, g.l. = 43, $P < 0.0001$).

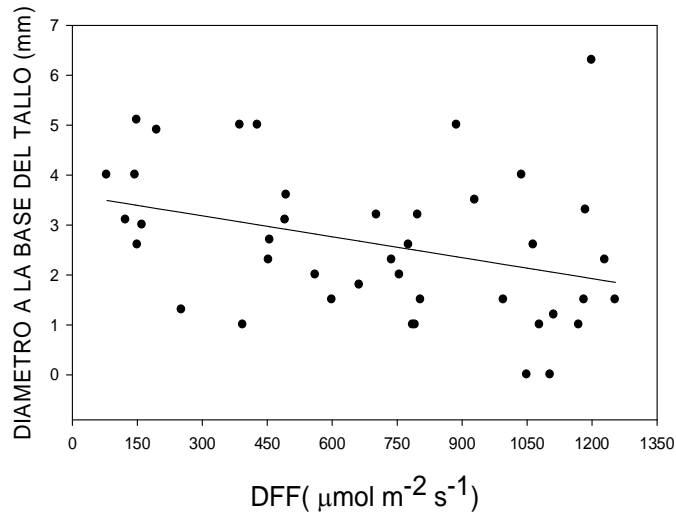
Para los meses de octubre, noviembre, enero, abril, junio y julio la DFF promedio y máxima tuvieron una relación negativa con la cobertura de las plantas de *Salvia* ($r^2 > 0.4638$, g.l. = 43, $P = 0.00001$); la DFF mínima tuvo una relación negativa en los meses de noviembre, enero y junio ($r^2 > 0.3600$, g.l. = 43, $P < 0.0001$). En octubre la DFF promedio y máxima también influyeron negativamente en el dbt ($r^2 > 0.5042$, g.l. = 43, $P < 0.0000$). Las Gráfica 19, 20 y 21 muestran la relación de la DFF promedio con la altura, cobertura y DBT de junio, abril y octubre respectivamente.



Gráfica 19. Relación entre la densidad de flujo fotónico promedio (DFF) y la altura de las plantas de *S. mexicana* durante el mes de junio.



Gráfica 20. Relación entre la densidad de flujo fotónico promedio (DFF) y la cobertura de las plantas de *S. mexicana* en el mes de abril.



Gráfica 21. Relación de la densidad de flujo fotónico (DFF) promedio y el diámetro a la base de tallo (DBT) de las plantas de *S. mexicana* en el mes de octubre.

10.6 Análisis de costos

En el Cuadro 2 se muestra el costo del experimento en cuanto al acolchado utilizado y la cantidad de plantas sobrevivientes. Las plantas con acolchado resultaron ser más costosas en un principio, sin embargo el número de plantas sobrevivientes fue mayor a las que no tenían acolchado, por lo que al final del experimento el costo fue menor.

Cuadro 2. Costos relacionados con el establecimiento de plantas de *S. mexicana*, en el Parque Ecológico de la Ciudad de México, con o sin acolchado calculados en junio de 2010.

MATERIAL	COSTO TOTAL INVERTIDO (\$ MXN)	COSTO POR PLANTA	
		CON ACOLCHADO (100 plantas)	SIN ACOLCHADO (100 plantas)
ROLLO ACOLCHADO BLANCO/NEGRO (1.20 x 915 m)	\$3549.00	\$62.5	0.00
BOLSAS DE VIVERO de 10 x 30 cm (200)	\$489.00	\$165	\$165
COSTALES DE TIERRA NEGRA DE 50 kg (3)	\$90.00	\$37.5	\$37.5
BOLSA DE ARENA SÍLICA (20/30) (3)	\$300.00	\$125.00	\$125.00
TOTALES	\$4,428	\$390	\$327.5
PLANTAS SOBREVIVIENTES		53	39
COSTO POR PLANTA SOBREVIVIENTE		\$7.35	\$8.40

10.7 Síntesis de resultados

Cuadro 3. Se muestra una síntesis de los resultados que fueron significativos con una $P \leq 0.05$ a lo largo del experimento.

FACTORES	VARIABLES	$P \leq 0.05$ (*)
ACOLCHADO	SUPERVIVENCIA	*
	ALTURA	*
	COBERTURA	*
	DBT	*
	NÚM. HOJAS	*
SOMBRA	SUPERVIVENCIA	*
	ALTURA	*
	COBERTURA	*
	DBT	*
	NÚM. HOJAS	*
	TRC	*
SOMBRA x ACOLCHADO	SUPERVIVENCIA	*
	ALTURA	
	DBT	
	NÚM. HOJAS	
	COBERTURA	
SITIO	SUPERVIVENCIA	*
	TRC	*
	TEMPERATURA	*
	DFF	*
TEMPERATURA	ALTURA	*
	COBERTURA	*
	DBT	*
DFF	ALTURA	*
	COBERTURA	*
	DBT	*

11. DISCUSIÓN

11.1 Germinación

Las semillas de *S. mexicana* tuvieron baja germinación, el ácido giberélico no favoreció la germinación. La baja germinación se puede atribuir a la presencia de latencia fisiológica (*sensu* Baskin y Baskin 2004) ya que trabajos previos en el área reportan que las semillas de *S. mexicana* tienen este tipo de latencia (Reyes-Ortega, 1997) al igual que otras especies del mismo género como *S. apeana*, *S. fruticosa*, *S. mellifera* y *S. gomífera* (Baskin y Baskin 2004). Con giberelinas la germinación no se incrementó significativamente, lo que pudo deberse a que las semillas solo se remojaron en las soluciones de AG₃ durante 10 minutos, tiempo suficiente para que el mucílago que rodea la semilla retenga la solución pero no para que la semilla se embeba totalmente. La razón por la que se limitó el tiempo de inmersión en AG₃, fue que esta hormona afecta el crecimiento de las plántulas, las elonga (Taiz y Zeiger, 2006), lo que no es conveniente para su propagación, sin embargo deberían probarse tiempos más prolongados de inmersión en giberelinas antes de la siembra y evaluarse el costo beneficio de usarse concentraciones más altas.

11.2 Supervivencia

Se esperaba que el acolchado y el efecto de la sombra proyectada por los fragmentos de vegetación en conjunto o de forma individual tuvieran un efecto positivo en la supervivencia de las plantas de *S. mexicana*, lo que se cumplió, ya que se observó una mayor supervivencia en los sitios con sombra en comparación con los abiertos en la mayoría de los sitios. Además se observó que el acolchado (a micro escala ambiental y (20-0.2 m) (*sensu* Orozco-Segovia y Sánchez-Coronado, 2009) influyó positivamente en la supervivencia de las plantas en las dos condiciones microclimáticas (abierto y con sombra),

sobreviviendo más plantas con acolchado que aquellas que estaban en suelo desnudo; estos resultados son similares a los reportados por Araiza (2007) para *Dodonaea viscosa* y Barajas Guzmán *et .al.* (2006) en especies nativas del PECM y de un bosque tropical seco, respectivamente. Dentro de los sitios abiertos las plantas que tenían acolchado tuvieron mayor disponibilidad de agua durante la época seca, lo que favoreció su supervivencia; sin embargo, este efecto favorable no se expresó en todas las variables de crecimiento como ya se discutirá más adelante. Por otro lado aunque el acolchado afectó en la supervivencia; éste factor no fue mejor que el efecto de la condición de sombra (micro escala ambiental β); estas diferencias se deben a que en los sitios con sombra la temperatura y la incidencia de luz son menores y por lo tanto la pérdida de agua es menor que en los sitios abiertos, y en consecuencia las plantas tuvieron un estrés hídrico menor durante el año.

La DFF es un factor que puede estar relacionado con la supervivencia (Augspurger, 1984), ya que en primer lugar los valores promedio y máximo en marzo y los más bajos en enero coinciden con la mayor mortalidad de las plantas. Además también puede explicar las diferencias en la supervivencia entre sitios; ya que el sitio 3 tuvo los valores más bajos de DFF y a su vez los más altos de supervivencia, mientras que los sitios 5 y 2 presentaron los valores de DFF promedio y máximos más altos en los meses abril y mayo y presentaron los valores de supervivencia más bajos. El sitio 4, ocupó el segundo lugar en porcentaje de supervivencia, lo que corresponde con el lugar que ocupa en DFF y en temperaturas promedio. Esto muestra que la calidad de la sombra es determinante en la supervivencia de *S. mexicana*. Dado que los valores de DFF promedio en los 5 sitios fue mayor a los $400\text{-}500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ necesarios para que la mayoría de las plantas C_3 tengan los valores fotosintéticos máximos, podemos decir que la limitante más fuerte para la supervivencia de *S. mexicana*

son las temperaturas altas registradas, producto de una mayor irradiancia en algunos fragmentos, que el DFF (Chazdon *et al.* 1996; Taiz y Zeiger, 2006).

11.3 Sombra

Dentro de un contexto ecológico, el borde de los bosques y los fragmentos son sitios de transición entre las comunidades vegetales originales y las zonas perturbadas (Williams-Linera, 1991), y son las zonas más cercanas al borde donde se encuentran las mayores posibilidades de germinación, crecimiento y establecimiento de especies (Meiners *et al.*, 2002; Wahungu *et al.*, 2002) tanto en condiciones naturales, como al instrumentar estrategias de restauración ecológica que faciliten la regeneración natural del bosque y favorezca la unión de los fragmentos (Peña-Becerril *et al.*, 2005). La calidad de la sombra, su importancia y sus efectos dependen de la orientación del fragmento de vegetación que la provea y de su edad (Didham y Lawton, 1999; Kapos *et al.*, 1997; Matlack, 1994; Kapos, 1989). La sombra proyectada por los fragmentos que se utilizaron en este estudio, como se ha dicho, se encuentra ubicada en una escala microambiental β (200-20 m) (Orozco-Segovia y Sánchez-Coronado, 2009) y su efecto sobre las variables de crecimiento fue significativo durante el año de observación (agosto 2009 a julio 2010). Lo que implica que con base en el aprovechamiento del ambiente producido por fragmentos en escalas pequeñas se puede implementar la restauración ecológica. En los sitios con sombra el crecimiento en altura y la TRC de las plantas, fue superior al de los sitios abiertos de enero a julio, tuvo un efecto positivo en la cobertura todo el año, y en el número de hojas de las plantas de *S. mexicana* el efecto fue positivo de octubre a abril; esto se debe a que el efecto de la sombra origina cambios microclimáticos, que favorecen el crecimiento de las plantas, tales como menor incidencia de radiación directa sobre las plantas, como lo indicó la menor DFF y

la consecuente reducción de la temperatura que se midió. A su vez, esta sombra brinda a las plantas con adaptaciones a ambientes estacionales, como las del PECM, de una condición favorable para tolerar las altas temperaturas y la consecuente sequía de la época seca del año. En cuanto al efecto de la sombra proyectada por los fragmentos sobre el DBT, las plantas que obtuvieron diámetros más grandes se encontraron en los sitios abiertos, esto puede deberse a una respuesta fisiológica en la planta ante las condiciones de estrés hídrico o térmico mayor que en los microclimas sombreados, que hagan que las plantas asignen más recursos al tallo; incluso hubo una relación positiva de la temperatura con el dbt en febrero; lo que se puede relacionar con la producción de estructuras aéreas (tallo) de mejor calidad.

Como se ha dicho la temperatura es también un factor que forma parte de las condiciones microambientales que se modifican por el efecto de borde, (en este estudio, el creado por cada fragmento de vegetación) (Murcia, 1995). En los bordes se espera una variación de la temperatura en relación con la distancia con el borde de vegetación (Kapos, 1989; Turton y Freighburger, 1997). Las mediciones que se realizaron de temperatura, al igual que la densidad de flujo fotónico son una referencia para microambientes que se encuentran en una escala β (200-20 m) con respecto al fragmento y a una microescala γ (con respecto a la planta (20-0.2 m) (Orozco-Segovia y Sánchez-Coronado, 2009). Los sitios abiertos presentaron temperaturas máximas y mínimas más altas que los que tuvieron sombra en marzo, mes en el que la temperatura tuvo una relación negativa con la altura y la cobertura de la plantas de *S. mexicana*, probablemente porque al superar sus niveles térmicos óptimos la planta asigna recursos a otra estructura de la planta, como ocurrió con el DBT.

En cuanto a la DFF al igual que la temperatura también forma parte de los factores abióticos que se relacionan con el efecto de borde (Murcia, 1995) y es

menor entre más cerca se encuentre de un fragmento de vegetación (Matlack, 1993). Fue significativamente distinta a lo largo del tiempo y entre los sitios; además fue notablemente diferente en sitios cercanos al fragmento (sitios con sombra) comparados con los sitios que no tenían un fragmento de vegetación que les proporcionara sombra, la DFF (micro escala y) determina los cambios físicos dentro del fragmento y a su vez también está determinada por la orientación del fragmento y la composición vegetal (Turton y Freiburger, 1997). Los valores promedio y máximo de DFF de los meses de marzo y abril fueron los más altos e influyeron negativamente en la altura de las plantas debido a la muerte de la parte aérea inicial y la producción de rebrotes que la sustituyen. Este efecto fue más notorio en los sitios abiertos, ya que en los sitios con sombra la disminución en altura fue significativamente menor, lo que puede reflejar un mecanismo de evasión de la sombra en los rebrotes, o ser consecuencia de una mayor disponibilidad de agua y nutrientes (Taiz y Zeiger, 2006). La DFF de abril afectó a la cobertura de forma negativa, sobre todo en los sitios abiertos, más que en los sombreados. Estos cambios se presentan como una respuesta de las plantas ante una mayor irradiación (Taiz y Zeiger 2006), aunada a una disminución en la cantidad de agua disponible; lo que trae como consecuencia una disminución en su tasa de crecimiento, hasta que haya un ambiente nuevamente favorable para ellas (Hsiao *et. al.*, 1976; Bradford y Hsiao, 1982). Todo lo anterior confirma que la sombra modifica las condiciones de luz y temperatura en los sitios; sin embargo debido a que la sombra brindada por un fragmento de vegetación no es proyectada de forma homogénea ni a lo largo del año, ni a lo largo del día (Vázquez-Yanes *et al.*, 1990). En la sección de resultados del presente trabajo donde se muestran los resultados del análisis de regresión se observa que mediciones puntuales a escala γ (20-0.2 m) de los

factores microambientales (DFF y temperatura) varían ampliamente entre los 5 sitios cerrados en que se realizaron las mediciones.

Trabajos anteriores se han enfocado a revisar el efecto de borde en el establecimiento de plántulas a diferentes distancias con respecto a éste, como el de Meiners *et al.*, (2002) que muestra que algunas especies se benefician con el efecto de borde, estos autores también se han enfocado en investigar como varía la diversidad y la distribución de algunas especies a diferentes distancias con respecto al fragmento de vegetación, en otros se describe como se dan los patrones de sucesión ecológica en los bordes (Matlack, 1994). También existen trabajos enfocados a ver hasta que distancia al interior del bosque llega el efecto de borde (Kapos *et al.*, 1997), sin embargo en muchos de ellos no se toman en cuenta las variables de crecimiento en las plantas, ni se hace un estudio sobre el potencial de los bordes como herramientas para la restauración ecológica, por lo que el presente trabajo ayuda a explicar algunos factores que intervienen en la dinámica ecológica de los bordes de vegetación y que están directamente relacionados con el crecimiento y establecimiento de plantas en proyectos de restauración ecológica.

11.4 Acolchado

El acolchado plástico disminuye la velocidad de evaporación de agua del suelo de algunos cultivos (Ramírez, 1996), y por ende también disminuye la temperatura bajo él (Araiza, 2007) favoreciendo así el crecimiento de las plantas, la acumulación de nutrientes (Barajas-Guzman, 2006) y el rendimiento de algunos cultivos hortícolas (Dong *et al.*, 2009; Ramakrishna *et al.*, 2005; Tilander y Bonzi, 1997) donde se ha utilizado con regularidad. El acolchado, tuvo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas en una escala de variación microambiental y (Orozco-Segovia y Sánchez-Coronado, 2009); éste efecto fue

diferente a lo largo del tiempo. Las plantas que tuvieron acolchado plástico probablemente conservaron por más tiempo la humedad del suelo donde crecían, lo que afectó positivamente su crecimiento en altura; las plantas con acolchado alcanzaron alturas superiores que las que no lo tenían, tanto en los sitios abiertos como en los que tenían sombra; dicho efecto fue evidente durante los primeros 6 meses posteriores a su plantación (agosto-enero) y en algunos meses favoreció el crecimiento en DBT y número de hojas (agosto, septiembre y noviembre); lo que coincide con los resultados reportados por Araiza, (2007) para *Dodonaea viscosa*. El acolchado por lo tanto indujo cambios en las variables de crecimiento, tales, que ayudaron a las plantas de *Salvia* a superar exitosamente los primeros meses en campo que son cruciales para su posterior establecimiento.

En los meses de marzo y abril, el acolchado no indujo ningún cambio en estas variables, sin embargo, las mediciones de DFF y la temperatura ayudan a explicar mejor el decremento en la altura y cobertura de las plantas de *S. mexicana* (hubo una relación negativa entre éstas), es decir, que la variación a escala γ y explica mejor el crecimiento que el efecto que la sombra vegetal, considerada en escala β .

Como resultado de los cambios en las variables del crecimiento evaluadas, el acolchado, no tuvo un efecto en las TRC de las plantas, a diferencia de lo reportado para *Dodonaea viscosa* (Araiza, 2007) y para *Ipomoea wolcottiana* (Barajas-Guzmán *et al.*, 2006). Sólo en los últimos meses de observación correspondientes a los meses de mayo, junio y julio el efecto del acolchado no fue favorable para la altura, cobertura y número de hojas, probablemente porque en junio y julio, que comenzó la época lluviosa, el acolchado tal vez no permitió la penetración de agua en el suelo de forma inmediata por lo que las plantas que no lo tenían recibieron primero este aporte, lo que favoreció su crecimiento.

Un aspecto que no fue posible evaluar, fue la asignación de biomasa a las diferentes estructuras de la planta, en especial en raíz. La supervivencia de las plantas con sombra y acolchado sugiere que a pesar de la aparente ineficiencia del acolchado, con éste las plantas están teniendo un mejor desempeño. Para conocer la respuesta a esta interrogante es necesario estudiar cómo es la asignación que las plantas hacen a la biomasa aérea y cuanto a la radicular. Este análisis es de tipo destructivo y en el PECM muy difícil de realizar debido al tipo de sustrato.

11.5 Análisis de costo

El costo total de las plantas sobrevivientes con acolchado fue superior al costo de las plantas que no lo tuvieron desde un principio, sin embargo, el número de plantas sobrevivientes con acolchado fue significativamente mayor al de las plantas que no lo tuvieron, por lo que el uso de este tipo de materiales para incrementar la supervivencia de plantas en experimentos de restauración ecológica y reintroducción de especies nativas como *S. mexicana* es recomendable.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1) El uso conjunto de acolchados plásticos y el manejo de sombra de vegetación son métodos eficientes que favorecen la supervivencia de *S. mexicana* en algunos sitios del PECM en los meses más secos del año, sus efectos dependen de la intensidad de la luz, temperatura y calidad de la sombra. El uso de ambos es recomendable para implementarlos en proyectos de restauración ecológica y recuperación de la cubierta vegetal.

2) El uso del acolchado plástico es recomendable para zonas degradadas, sin protección de sombra de algún fragmento de vegetación del PECM porque es una técnica que reduce el estrés hídrico en las plantas durante los primeros meses posteriores a su trasplante al campo. Además de que favorece la supervivencia de las plantas en sitios sin protección de sombra y la mejora en sitios que sí la tienen en los meses críticos de mayor DFF y temperatura, además de que su uso no resulta excesivamente caro.

3) El efecto de la sombra proyectada por los fragmentos de vegetación fue un factor que influye positivamente en todas las variables de crecimiento y supervivencia, por lo que es recomendado para la reintroducción de especies vegetales como *S. mexicana*, sin embargo, dichas variables son afectadas por múltiples factores, por lo que para entender los cambios en ellas es necesario evaluarlas desde distintas micro escalas de variación, ya que éstas pueden dar mejores respuestas sobre lo que pasa en la naturaleza y ayudar así a tomar mejores decisiones en torno a la restauración ecológica.

13. REFERENCIAS

Araiza, R. E. 2007. Efecto del endurecimiento natural, preacondicionamiento hídrico y acolchados en la supervivencia y establecimiento de *Dodonea viscosa* (L.)Jacq. en el Ajusco con fines de restauración ecológica. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental) Instituto de Ecología UNAM. México D.F.

Aronson, J., C. Floret, E. LeFloc'h, C. Ovalle y R. Pontainer. 1993. Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystems in Arid and Semi-arid Lands : A view from the South. *Restoration Ecology* 1:8-17.

Augspurger, C.K. 1984. Seedling survival of tropical tree species: Interactions of dispersal distance, light-gaps and pathogens. *Ecology*. 65: 1705-1712

Barajas-Guzmán, M. G., J. Campo y V. Barradas. 2006. Soil Water, nutrient availability and sampling survival under organic and polyethylene mulch in a seasonally dry tropical forest. *Plant and soil*. 287:347-357.

Barajas-Guzmán, M. G. y V. Barradas. 2007 (a). Microclimate under organic and polyethylene mulch in a tropical dry deciduous forest. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología UNAM. México D.F.

Barajas-Guzmán, M. G. y V. Barradas. 2007 (b). Estrategias de reforestación en bosques tropicales caducifolios. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología UNAM. México D.F.

Baskin, C.C. y M.J. Baskin. 2004. Seeds Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. USA. Pp 312-345.

Bewley J.D. y M. Black. 1994. Seeds Physiology of Development and Germination. Plenum Press. New York. USA. Pp 137.

Bonfil, C. I., A. M. Pisanty y J. Soberón. 1997. Investigación y restauración ecológica. El caso del Ajusco Medio. *Ciencia y desarrollo*. 135:15-23.

Bradford, K.J. y T. C. Hsiao. 1982. Physiology responses to moderate water stress. En: Physiological Plant Ecology. 2. Encyclopedia of plant physiology (eds. Lange, O.L., P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Zeiger).Vol 12B. 263-324. Springer Verlag. Berlin.

Bradshaw, A.D. 1983. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 20: 1-17.

Bradshaw, A. D. 1989. The reclamation of derelict land an the ecology of ecosystems. En: *Restoration Ecology, A synthetic approach to ecological research*. (eds. W. R. Jordan, M. E. Gilpin y J.D. Aber)2ª ed. Cambridge University Press. New York, USA..

Cairns, J. Jr. 1989. Restorin damaged ecosystems: is predisturbance condition a viable option?. *Environmental Professional* 11: 152-159.

Cairns,J. Jr.,1991. The status of the theoretical and applied science of restoration ecology. *Envoronmental Professional* 13:1-9.

Cano-Santana, Z. y J. Meave. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: El caso del Xitle. *Ciencias*. 41: 58-68.

Cano- Santana, Z. I. Pisanty, S. Segura, P. Mendoza-Hernández, R. León-Rico, J. Soberón, E. Tovar, E. Martínez-Romero, L. Ruiz y A. Martínez-Ballesté. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. En: Manejo, Conservación y restauración de recursos naturales en México. (coord. Oyama, K. Y A. Castillo). Siglo XXI editores. México.

Cano-Santana, Z.S. Castillo- Argüero, Y. Martínez- Orea y S. Juárez-Orozco. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 82: 1-14.

Castillo-Argüero, S., Y. Martínez, M. Romero, P. Guadarrama, O. Nuñez, I. Sánchez y J. Meave. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: aspectos florísticos y ecológicos. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pp 294.

Chazdon, R.L., R.W. Pearcy, D.W. Lee y N. Fetcher. 1996. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. En: *Physiological Ecology of Tropical Forests*. (eds. Mulkey, S., R.L. Chazdon, A.P. Smith) Chapman & Hall, New York. Pp. 5-55.

- Chen, J., J.F. Franklin y T.A., Spies. 1995. Growing-Season microclimatic gradients from clearcut edge into old-growth Douglas- fir forest. *Ecological Applications*. 5:74-86.
- Clewell, A. F. 1999. Restoration of riverine forest at Hall Branch on phosphate-mined land, Florida. *Restoration Ecology*. 7(1):1-14.
- Didham,R.K. y J.H. Lawton. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate an vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*. 31 (1): 17-30.
- Dobson, P.A., A.D. Bradshaw, A.J. M. Baker. 1997. Hopes for Future: Restoration Ecology an Conservation Biology. *Science* 277: 515-522.
- Dong,H.,L. Weijiang, T. Wei, Z. Dongmei. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. *Field Crops Research*. 111:269-275
- Garcia-Moya, E. y C. M. Mickel. 1970. Contribution of shurbs to the nitrogen ecology of a desert-wash plant community. *Ecology*. 51:81-88.
- González-Hidalgo, B., A. Orozco-Segovia y N. Diego-Pérez. 2002. Florística y afinidades fitogeográficas de la Reserva Lomas del Seminario (Ajusco Medio, Distrito Federal). *Acta Botánica Hungárica*. 44(3-4): 297-316.

Ghosh, P. K., D. Dayal, K. K. Bandyopadhyay y M. Mohanty. 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crops Research*. 99:76–86.

Harper, J. L. 1957. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control proceeding of the 4th International Congress of Crop Protection Vol. I. Hamburg.

Hartmann T. H., D. E. Kester, F. T. Davies y R. L. Geneve. 2002. Plant Propagation, principles and practices. 7th ed. Prentice Hall. New Jersey.

Holm. L. C., J. V. Pancho, J. P. Herberger y D. L. Plucknett. 1979. A geographical Atlas of the world weeds. John Wiley. New York Pp. 391.

Hsiao, T.C., E. Acevedo, E. Ferrers y D.W. Henderoon. 1976. Water stress, growth and osmotic adjustment. *Phil. Trans. R. Soc. Ser. B*. 273: 479-500.

Hobbs, R. J. y J. A. Harris. 2001. Restoration Ecology: Repairing the earth's ecosystems in de new millennium. *Restoration Ecology*. 9(2):239-246.

Hobbs, R. J. y H. A. Mooney. 1993. Restoration ecology and invasions. En: Nature conservation 3: reconstruction of fragmented ecosystems, global and regional perspectives.(eds. D. A. Saunders, R. J. Hobbsy P. R. Ehrlich).Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, New South Wales, Australia.

Hobbs, R. J. y D.A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology*. 4(2):93-110.

Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Rev. of Ecol. And Systematics*. 4:1-23.

Hunt, R., 1982. Plant Growth Curves: An introduction to the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers, London.

Jackson, L. L. 1992. The role of ecological restoration in conservation biology. en: Fiedler, L. Peggy y K. Subodh (editores.). *Conservation Biology. The theory and practice of nature conservation, preservation and management*. New York: Chapman and Hall.

Kapos V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal Tropical Ecology* 5: 173-185.

Kapos V., E. Wandelli, J.L. Camargo y G. Ganade. 1997. Edge-related changes in environment an plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia in Tropical Forest remnants. En: Ecology , management an conservation of fragmented communities.(eds. Laurance, W.F. y R.O. Bierregaard J.r.). University of Chicago Press, Chicago.

Leopold, A. 1933. Game management. Scribner's, New York.

Li, F. M., J. Wang, J. Z Xu y H. L. Xu. 2004. Productivity and soil response to plastic film mulching durations for spring wheat on entisols in the semiarid Loess Plateau of China. *Soil & Tillage Research*. 78:9–20.

- Martínez, R. E. 1996. La restauración Ecológica. *Ciencias* 43: 56-61.
- Machado, A. 2000. Restauración ecológica una introducción al concepto. Jornadas de restauración ecológica. ECNC, España.
- Matlack, G.R. 1994. Vegetation dynamics of the forest edge-trends in space and successional time. *Journal of Ecology*. 82:113-123.
- Matlack, G.R. 1993. Microenvironment variation within and among deciduous forest edge sites in the eastern United States. *Biological Conservation*. 66: 185 - 194
- Meiners, S. J., S. N. Handel y S. T. A. Pickett. 2000. Tree seedling establishment under insect herbivory: edge effects and inter-annual variation. *Plant Ecology* 151: 161–170.
- Meiners, S.J., S.T.A. Pickett y S.N. Handel. 2002. Probability of tree seedling establishment changes across a forest-old field edge gradient. *American Journal of Botany*. 89:466-471.
- Monks, C. D., D. W. Monks, T. Basden, A. Selders, S. Poland y E. Rayburn. 1997. Soil temperature, soil moisture, weed control and tomato (*Lycopersicon esculentum*), response to mulching. *Weed Technology*. 11:561-566.
- Montague, T, R. Kjelgren y L Rupp. 1998. Surface energy balance affects gas exchange of three shrub species. *Journal of Arboriculture*. 24:254-262.

Muller, C. H. 1953. The association of desert annuals with shrubs. *American Journal of Botany*. 40: 53-60

Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest implications for conservation. *Trends in Ecology*. 10(2):58-62

Nobel, P. 1991. Physicochemical and environmental plant physiology. Academic Press, San Diego.

Odum, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. 3d ed. Saunders, Philadelphia.

Orduña, B. 1994. Evaluación del uso de acolchados orgánicos y aplicación de estiércol en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Orozco-Segovia A.D. y M.E. Sánchez-Coronado. 2009. Functional diversity in sedes and its implications for ecosystem functionality and restoration ecology. En Functional Diversity of Plant Reproduction.(eds. Gamboa-de Buen A., A.D. Orozco-Segovia y F. Cruz-García.) Research Singpost. Kerala, India.

Peña-Becerril, J.C., A.A. Monroy, S. F.J. Álvarez, A. M. S. Orozco. 2005. Uso del efecto de borde de la vegetación para la Restauración Ecológica del Bosque Tropical. *Tip Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 8(2):91-98.

Ramakrishna, A., H. M. Tam, S. P. Wani y T. D. Long. 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*. 95:115–125.

Ramírez, V. J. 1996. El uso de acolchados plásticos en horticultura, Sin. México. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Reyez-Ortega M. I. 1997. Estudio sobre la germinación de semillas de tres especies de lamiaceas del sur del Valle de México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ecología UNAM.

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. en: Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ecología, Historia y Manejo. Distrito Federal. México.

Rzedowski, J. y C. de Rzedowski. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología. II: 291-297.

Sánchez, O., E. Peters, R. Márquez- Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara. 2005. Temas sobre Restauración Ecológica . Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología .U.S. Fish & Wildlife Service Unidos para la Conservación, A.C.

SER. Society for Ecological Restoration International. Science & Policy Working Group. 2004. [http:// www.ser. org](http://www.ser.org).&Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SER. Society for ecological Restoration International. 2010. <http://www.ser.org/content/spanisprimer.asp>.

Siebe, C. 2000. Age and archaeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 104: 45-64.

Soberón, J. R. De la Maza, A. Hernández, C. Bonfil y S. Careaga. 1991. Reporte técnico final del primer año del proyecto de restauración ecológica de Lomas del Seminario. Centro de Ecología, UNAM, y Coordinación General de Reordenación Urbana y Protección Ecológica, DDF.

Steemnbergh, W. F. y C. H. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument. *Ecology*. 50:825-834.

Taiz, L. y E. Zeiger, 2006. *Plant Physiology*. 4ta ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland Massachusetts.

Throop, W. 2000. *Environmental Restoration. Ethics, Theory and Practice*. Humanity Books. New York . USA. Pp.

Tilander, Y. y M. Bonzi. 1997. Water and nutrients coservation through the use of agroforestry muches and sorghum yield response. *Plant and soil*. 197:219-232.

Turton, S.M. y H.I. Freiburger. 1997. Edge an aspect effects on the microclimate of a small tropical forest remanent on the Atherton Tableland. Northeastern. Australia in Tropical Forest remnants. En: *Ecology, management an conservation of fragmented communities* (eds. Laurance, W.F., y R.O. Bierregaard Jr.) 45-54 . University of Chicago Press, Chicago.

Vázquez-Yanes. C., A. Orozco-Segovia, M. Rojas, M. E. Sánchez-Coronado y V. Cervantes. 1997. La reproducción de las plantas, semillas y meristemas. Serie la ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. Núm. 157

Vázquez-Yanes. C., A. Orozco-Segovia, E. Rincon, M. E. Sanchez-Coronado; P. Huante; J. R. Toledo; V. L. Barradas. 1990. Light Beneath the Litter in a Tropical Forest: Effect on Seed Germination. *Ecology*. 71 (5):1952-1958.

Vos, J. G. M., T. S. Uhan, R. Sutarya. 1995. Integrated crop management of hot pepper under tropical lowland conditions: effects of rice straw and plastic mulches on crop health. *Crop Protection* 14 (6), 445–452.

Wahungu, G.M., C.P. Catterall y M.F. Olsen. 2002. Seedling predation and growth at rainforest-pasture ecotone, and the value of shoots as seedling analogues. *Forest Ecology and Management* 162: 251-260.

Whiteman, P.C. 1980. Tropical Pasture Science. Oxford University Press. Oxford. Pp 392.

William-Linera, G. 1990. Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. *Biotropica* 22:235–241.

Williams-Linera G., 1991. Los bordes de selvas y bosques. Ciencia y Desarrollo 17(97): 65-71.

Zamora, R. 2002. La Restauración Ecológica, una asignatura pendiente.
Ecosistemas. 11(1): 1-4

14. ANEXO

14.1 Resultados de los análisis estadísticos

A) Supervivencia

FUENTE	G. L.	X ²	P>X ²
EFFECTOS PRINCIPALES			
TIEMPO	1	172.760524	<.0001*
SITIO	4	46.7208802	<.0001*
SOMBRA	1	52.6127352	<.0001*
ACOLCHADO	1	7.77623382	0.9762*
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	4	13.657623	0.0085
TIEMPO x SOMBRA	1	15.1168262	0.0001*
SITIO x SOMBRA	4	46.4509472	<.0001*
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	4	3.90479	0.4191*
TIEMPO x ACOLCHADO	1	6.67452035	0.0098*
SITIO x ACOLCHADO	4	20.7015238	0.0004*
TIEMPOx SITIO x ACOLCHADO	4	14.4907671	0.0059
SOMBRA x ACOLCHADO	1	7.75983536	0.0053*
TIEMPO x SOMBRA x ACOLCHADO	1	0.06568866	0.7977
SITIO x SOMBRA x ACOLCHADO	4	38.2990078	<.0001*
TIEMPO x SITIO x SOMBRA x ACOLCHADO	4	16.0050653	0.0030*

B) Altura

FUENTE	VALOR -P											
	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
EFECTOS												
ACOLCHADO	0.3912	0.1979	0.0455	0.0336	0.0193	0.0159	0.2157	0.4229	0.0512	0.0419	0.0043	0.04231
SOMBRA	0.2550	0.9078	0.0930	0.7411	0.0809	0.0557	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0002
SOMBRA x ACOLCHADO	0.0281	0.4522	0.0643	0.1258	0.1258	0.4216	0.3865	0.1527	0.0711	0.3158	0.2009	0.1662

C) Tasa de crecimiento

FUENTE	G.L.	RAZÓN-F	VALOR-P
EFECTOS PRINCIPALES			
TIEMPO	1	25.54	0.0000
SITIO	4	13.51	0.0000
SOMBRA	1	101.68	0.0000
ACOLCHADO	1	1.67	0.1978
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	4	5.31	0.0004
TIEMPO x SOMBRA	1	0.94	0.3319
TIEMPO x ACOLCHADO	1	2.86	0.0920
SITIO x SOMBRA	4	14.95	0.0000
SITIO x ACOLCHADO	4	0.94	0.4391
SOMBRA x ACOLCHADO	1	1.78	0.1826
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	4	1.24	0.2929
TIEMPO x SITIO x ACOLCHADO	4	0.85	0.4962
TIEMPO x SOMBRA x ACOLCHADO	1	2.86	0.0921
SITIO x SOMBRA x ACOLCHADO	4	1.57	0.1834
RESIDUOS	287		
TOTAL (CORREGIDO)	322		

D) Cobertura

FUENTE	VALOR-P											
EFFECTOS PRINCIPALES	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
ACOLCHADO	0.2913	0.2511	0.1506	0.4418	0.3293	0.8114	0.2392	0.234	0.0551	0.0265	0.0000	0.0067
SOMBRA	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0006	0.0279	0.0102	0.0060
INTERACCIONES												
SOMBRA x ACOLCHADO	0.4183	0.5230	0.984	0.4240	0.5465	0.8458	0.8056	0.1900	0.3831	0.9388	0.3957	0.2533

E) Diámetro a la base del tallo (DBT)

FUENTE	VALOR-P											
EFFECTOS PRINCIPALES	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
ACOLCHADO	0.7809	0.5193	0.2977	0.0861	0.0704	0.1222	0.0752	0.4666	0.734	0.4898	0.6419	0.6601
SOMBRA	0.8330	0.3128	0.4253	0.2591	0.2301	0.0949	0.6037	0.8977	0.6550	0.0210	0.0075	0.0133
INTERACCIONES												
ACOLCHADO x SOMBRA	0.0466	0.1280	0.0675	0.0317	0.1880	0.2192	0.4667	0.8145	0.7111	0.1786	0.3833	0.2973

F) Número de hojas

FUENTE	VALOR -P											
EFFECTOS PRINCIPALES	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
ACOLCHADO	0.1630	0.4154	0.4330	0.6908	0.1972	0.8534	0.0862	0.0948	0.7854	0.0341	0.0014	0.0008
SOMBRA	0.6284	0.2234	0.0082	0.0026	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0018	0.6749	0.6126	0.7118
INTERACCIONES												
SOMBRA x ACOLCHADO	0.0183	0.0441	0.6914	0.9438	0.7161	0.3761	0.9309	0.4961	0.2511	0.8868	0.4598	0.2996

G) Temperatura promedio

FUENTE	GL	RAZÓN-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
TIEMPO	9	145.99	0.0000
SITIO	4	3.63	0.0063
SOMBRA	1	233.09	0.0000
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	36	2.38	0.0000
TIEMPO x SOMBRA	9	24.12	0.0000
SITIO x SOMBRA	4	5.42	0.0003
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	36	2.89	0.0000
RESIDUOS	500		
TOTAL (CORREGIDO)	599		

H) Prueba múltiple de rango para temperatura promedio por sitio

SITIO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
cinco	120	22.9797	0.281717	X
cuatro	120	23.7501	0.281717	XX
uno	120	23.7531	0.281717	XX
tres	120	23.7799	0.281717	X
dos	120	24.4965	0.281717	X

I) Temperatura máximos

FUENTE	G.L.	RAZÓN-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
TIEMPO	9	124.77	0.0000
SITIO	4	3.39	0.0095
SOMBRA	1	141.54	0.0000
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	36	5.03	0.0000
TIEMPO x SOMBRA	9	12.38	0.0000
SITIO x SOMBRA	4	7.12	0.0000
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	36	3.06	0.0000
RESIDUOS	500		
TOTAL (CORREGIDO)	599		

J) Prueba múltiple de rango para temperatura máxima por sitio

SITIO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
cinco	120	38.6684	0.558846	X
tres	120	38.9118	0.558846	XX
cuatro	120	38.9411	0.558846	XX
uno	120	40.194	0.558846	XX
dos	120	41.0543	0.558846	X

K) Temperatura mínimos

FUENTE	G.L.	RAZÓN-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
TIEMPO	9	401.97	0.0000
SITIO	4	12.99	0.0000
SOMBRA	1	236.15	0.0000
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	36	7.40	0.0000
TIEMPO x SOMBRA	9	26.57	0.0000
SITIO x SOMBRA	4	2.69	0.0306
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	36	5.90	0.0000
RESIDUOS	500		
TOTAL (CORREGIDO)	599		

L) Prueba múltiple de rango para temperatura mínima por sitio

SITIO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
cinco	120	11.944	0.134231	X
tres	120	12.0932	0.134231	XX
uno	120	12.3644	0.134231	X
cuatro	120	12.9437	0.134231	X
dos	120	13.0012	0.134231	X

M) Densidad de flujo fotónico promedio

FUENTE	G.L.	RAZON-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
TIEMPO	9	332.41	0.0000
SITIO	4	238.22	0.0000
SOMBRA	1	2039.83	0.0000
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	36	17.58	0.0000
TIEMPO x SOMBRA	9	49.30	0.0000
SITIO x SOMBRA	4	136.36	0.0000
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	36	8.43	0.0000
RESIDUOS	900		
TOTAL (CORREGIDO)	999		

N) Prueba múltiple de rango para DFF promedio por sitio

SITIO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Uno	200	514.046	7.37627	X
tres	200	536.83	7.37627	X
cuatro	200	652.483	7.37627	X
dos	200	720.979	7.37627	X
cinco	200	776.467	7.37627	X

O) Densidad de flujo fotónico máxima

FUENTE	G.L.	RAZÓN-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
A:TIEMPO	9	78.55	0.0000
B:SITIO	4	73.42	0.0000
C:SOMBRA	1	280.07	0.0000
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	36	7.89	0.0000
TIEMPO x SOMBRA	9	6.70	0.0000
SITIO x SOMBRA	4	17.68	0.0000
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	36	2.92	0.0000
RESIDUOS	900		
TOTAL (CORREGIDO)	999		

P) Prueba múltiple de rango para DFF máxima por sitio

SITIO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
uno	200	1186.9	21.5877	X
tres	200	1231.78	21.5877	X
dos	200	1483.13	21.5877	X
cuatro	200	1509.75	21.5877	X
cinco	200	1610.45	21.5877	X

Q) Densidad de flujo fotónico mínima

FUENTE	G.L.	RAZÓN-F	VALOR-P
EFFECTOS PRINCIPALES			
A:TIEMPO	9	55.56	0.0000
B:SITIO	4	23.29	0.0000
C:SOMBRA	1	298.44	0.0000
INTERACCIONES			
TIEMPO x SITIO	36	16.05	0.0000
TIEMPO x SOMBRA	9	38.52	0.0000
SITIO x SOMBRA	4	30.72	0.0000
TIEMPO x SITIO x SOMBRA	36	9.12	0.0000
RESIDUOS	900		
TOTAL (CORREGIDO)	999		

R) Prueba múltiple de rango para DFF mínima por sitio

SITIO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
tres	200	38.295	4.71382	X
cuatro	200	80.5389	4.71382	X
cinco	200	81.715	4.71382	X
uno	200	88.615	4.71382	X
dos	200	97.055	4.71382	X