



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Comparación del banco de semillas de dos zonas
contrastantes del bosque de *Quercus rugosa-Quercus*
laurina en la cuenca del río Magdalena, D.F., México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

Jiménez Hernández Héctor Adrián

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Silvia Castillo Argüero

Cd. Universitaria, D. F. 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno

Apellido paterno
Apellido materno
Nombre(s)
Teléfono
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Carrera
Número de cuenta

1. Datos del alumno

Jiménez
Hernández
Héctor Adrián
52 72 53 05
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
411038571

2. Datos del tutor

Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

2. Datos del tutor

Dra.
Silvia
Castillo
Argüero

3. Datos del sinodal 1

Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

3. Datos del sinodal 1

Dra.
Margarita
Collazo
Ortega

4. Datos del sinodal 2

Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

4. Datos del sinodal 2

Dra.
María Guadalupe
Barajas
Guzmán

5. Datos del sinodal 3

Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

5. Datos del sinodal 3

Dr.
Pedro Eloy
Mendoza
Hernández

6. Datos del sinodal 4

Grado
Nombre(s)
Apellido paterno
Apellido materno

6. Datos del sinodal 4

M. en C.
Yuriana
Martínez
Orea

7. Datos del trabajo escrito.

Título

7. Datos del trabajo escrito

Comparación del banco de semillas de dos zonas contrastantes del bosque de *Quercus rugosa-Quercus laurina* en la cuenca del río Magdalena, D.F., México

Número de páginas

53 p

Año

2016

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias a los apoyos otorgados por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN216014: “Importancia de las malezas en las comunidades secundarias del bosque templado de la cuenca del río Magdalena”; y el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) RR204413: “Ecología de malezas y especies introducidas en el bosque templado de la cuenca del río Magdalena”.

A los integrantes del jurado, gracias por aceptar revisar mi trabajo y por sus valiosos comentarios y observaciones:

- Dra. Margarita Collazo Ortega
- Dra. María Guadalupe Barajas Guzmán
- Dra. Silvia Castillo Argüero
- Dr. Pedro Eloy Mendoza Hernández
- M. en C. Yuriana Martínez Orea.

Agradecimientos personales

A mi tutora la Dra. Silvia Castillo Argüero por abrirme las puertas de su grupo de trabajo y apoyarme no sólo en la realización del escrito sino en también en la parte del campo y el laboratorio. Por siempre tener tiempo para sus estudiantes y compartir con nosotros sus logros.

A la M. en C. Yuriana Martínez Orea por el gran apoyo que me brindó durante las salidas de campo, la identificación de las semillas y en la revisión de mi escrito.

A la Dra. Gabriela Santibañez Andrade, cuyas clases en el taller y en la optativa de Dinámica de comunidades fueron de gran ayuda para la realización de este trabajo.

Al taller “Evaluación de los bosques templados del cinturón volcánico transmexicano”, principalmente a los profesores que formaron parte de él, pero también a los que fueron mis compañeros, gracias por las clases y las revisiones que hacían cada semestre sobre este trabajo.

A todos mis compañeros que me ayudaron en los muestreos de campo: Sam, Chris, Lety, Yeimi, Nahual, Ileana, Víctor y Fernanda.

A Nahual, Brenda, Michelle y Dulce que como parte de su servicio social o estancia me ayudaron en la revisión de muestras de suelo y la búsqueda de las semillas.

A mis demás compañeros del laboratorio de Dinámica de Comunidades: Yaz, Gus y Clau, que me han aportado varios comentarios interesantes durante los seminarios.

A todas las personas que durante todo este camino se convirtieron en mis grandes amigos, ya sea desde el inicio (Gerry, Chino, Fer, Caro, Lore, Axel, Elisa, Alejandro, Adán) o en el transcurso de la carrera (Susi, Sergio, Ramón, Lalo, Gio, Billy, Pau, Chucho y Alma). Y a todos los amigos que formaron parte del Club Atlético Gorosica, con los que compartí mi gran pasión por el fútbol.

A Jessica que fue mi apoyo durante el trayecto final de esta carrera, que gracias a nuestra eterna competencia logré darle un gran avance a este trabajo y con quién he compartido grandes aventuras.

Por último, pero más importante, dedico este gran trabajo a mis padres Héctor Francisco Jiménez Leza y Cecilia Concepción Hernández Nolasco, así como a mi hermana Stephanie Jiménez, que son las personas que más quiero en el mundo, por el gran apoyo que me han brindado en todas las etapas de mi vida y porque estoy seguro que siempre me apoyarán incondicionalmente en todo lo que decida.

Así mismo a mis abuelos y a todos mis tíos y primos que siempre mostraron interés por mi avance en esta etapa de mi vida.

Índice de contenido

Resumen	1
1 Introducción	2
1.1. Banco de semillas	2
1.2. Dinámica de los bancos de semillas	2
1.3. Importancia de los bancos de semillas	7
2 Antecedentes	7
3 Justificación	9
4 Objetivos	10
5 Hipótesis	10
6 Método	11
6.1 Sitio de estudio	11
6.2 Muestreo	13
6.3 Separación de semillas	13
6.4 Identificación de especies	14
6.5 Análisis de datos	14
7 Resultados	17
7.1 Banco de semillas inactivo	17
7.1.1 Descripción general	17
7.1.2 Diversidad y dominancia	20
7.1.3 Similitud de especies	21
7.1.4 Atributos biológicos de las especies encontradas	22
7.1.5 Análisis de conglomerados de dos vías	25
7.1.6 Análisis de correspondencia canónica	26

7.2 Relación del banco de semillas con la vegetación establecida	29
7.2.1 Similitud de especies	29
7.2.2 Análisis de correspondencia canónica	30
8 Discusión	32
8.1 Abundancia, riqueza y diversidad del banco de semillas	32
8.2 Especies dominantes y composición del banco de semillas	33
8.3 Factores ambientales	35
8.4 Relación del banco de semillas con la vegetación establecida	36
8.5 Comparación del banco inactivo con el banco activo	37
8.6 Limitaciones del estudio	38
9 Conclusión	39
10 Referencias	40
11. Anexos	46

Índice figuras

Figura 1. Dinámica de los bancos de semillas. (Modificado de Harper, 1977)...	3
Figura 2. Unidades de paisaje en el bosque de la cuenca del río Magdalena. Las unidades 1 y 2 donde se realizó este trabajo se encuentran señaladas....	12
Figura 3. Abundancia y riqueza obtenidas por unidad y temporada en el banco de semillas potencial. a) Abundancias de semillas encontradas por unidad y temporada; b) Riqueza de morfoespecies encontradas por unidad y temporada.....	18
Figura 4. Abundancia y riqueza obtenidas por unidad y temporada en el banco de semillas potencial. a) Abundancias de semillas encontradas por unidad y temporada; b) Riqueza de morfoespecies encontradas por unidad y temporada.....	20
Figura 5. Porcentajes de especies del banco de semillas por forma de crecimiento en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.....	23
Figura 6. Porcentajes de especies del banco de semillas por ciclo de vida en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.....	23
Figura 7. Porcentajes de especies del banco de semillas por forma de vida en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.....	24
Figura 8. Porcentajes de especies del banco de semillas por síndrome de dispersión en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.....	24
Figura 9. Porcentajes de especies indicadoras de perturbación y características encontradas en el banco de semillas por unidad. a) Unidad 1; b) Unidad 2....	25
Figura 10. Dendograma del análisis de dos vías de las especies encontradas en el banco de semillas inactivo en por parcelas de muestreo.....	27
Figura 11. CCA de las variables ambientales en relación con las abundancias por especie encontradas en el banco de semillas inactivo en cada parcela de muestreo. Las especies indicadoras de perturbación se encuentran señaladas.	

S= Temporada seca, L= Temporada lluviosa, P= Parcela, Hum= Humedad relativa, Temp= Temperatura en °C, N= Contenido de nitrógeno en el suelo, K= Contenido de potasio en el suelo y Pend= Pendiente. Eje de variación 1= 0.678 y eje de variación 2= 0.565.....28

Figura 12. CCA de las variables ambientales en relación con las abundancias totales, riqueza total y diversidad encontrada en el banco de semillas y la vegetación establecida, por cada parcela de muestreo. S= Temporada seca, L= Temporada lluviosa, P= Parcela, Alt= Altitud, P= Contenido de fósforo en el suelo, N= Contenido de nitrógeno en el suelo, K= Contenido de potasio en el suelo, C.E.= Conductividad eléctrica del suelo, Hum= Húmedad relativa, Temp= Temperatura en °C, y Pend= Pendiente. Eje de variación 1= 0.094 y eje de variación 2= 0.011.....31

Índice de cuadros

Cuadro 1. Características biofísicas de las unidades ambientales del bosque de Quercus seleccionadas para el estudio (Modificado de Santibañez-Andrade *et al.*, 2015.....12

Cuadro 2. Índices de diversidad de Shannon-Weinner (H') y de dominancia de Berger-Parker (D) del banco de semillas en ambas unidades y temporadas...21

Cuadro 3. Valores del índice de similitud de Sorensen entre las diferentes unidades y temporadas. El número de especies compartidas entre sitios se encuentran entre paréntesis.....22

Cuadro 4. Valores de similitud de Sorensen entre el banco de semillas inactivo y la vegetación establecida.....30

Resumen

El banco de semillas es una de las fuentes principales de regeneración natural, sin embargo su composición puede ser diferente dependiendo de la vegetación presente en el sitio y por tanto de su grado de conservación. En este trabajo se caracterizó y comparó la diversidad, abundancia y composición de especies en el banco de semillas potencial (inactivo) en dos diferentes unidades ambientales consideradas como contrastantes en su grado de conservación. Para ello, se obtuvieron muestras de suelo dentro del bosque de *Quercus rugosa-Quercus laurina* en la cuenca del río Magdalena, D.F., en dos unidades ambientales contrastantes (la unidad 1 con un dosel más denso y conservado; y la unidad 2 con un dosel más abierto y con signos de disturbio) y en dos temporadas del año (seca y lluvias), además se registraron algunas variables ambientales y las especies de plantas presentes en la vegetación establecida. Se utilizó la técnica de separación manual de las semillas utilizando un microscopio estereoscópico debido a que con esta técnica se toman en cuenta a las semillas que podrían encontrarse en estado de latencia.

En la unidad 1 se encontró una mayor abundancia de semillas, principalmente durante la temporada lluviosa, sin embargo en riqueza de especies y diversidad los valores más altos se presentaron en la unidad 2. La temporalidad tuvo poco efecto en la composición de especies del banco de semillas inactivo. Las especies dominantes en la unidad 1 en ambas temporadas fueron *Conopholis alpina* e *Iresine diffusa*, mientras que en la unidad 2 fueron *Salvia tiilifolia* y *Potentilla haematochrous*. La cantidad de luz solar que incide en cada unidad mostró tener relación con la presencia de especies indicadoras de disturbio ya que en la unidad con mayor apertura del dosel (unidad 2) fueron mayores ambas variables, así mismo en esta unidad hubo una mayor similitud entre el banco y la vegetación. Esto es coincidente con lo que se esperaba ya que generalmente las especies de estados sucesionales tempranos son formadoras de bancos de semillas persistentes, y al ser especies dependientes de luz, una mayor apertura del dosel les confiere una mayor ventaja para su germinación y establecimiento en la vegetación.

1. Introducción

1.1 Banco de semillas

El banco de semillas es el contenido de semillas sin germinar (Baskin y Baskin, 1998) que se encuentran en el suelo o el dosel y que potencialmente pueden germinar, establecerse y formar parte de la vegetación en pie (Cano-Salgado, *et al.*, 2012). Los procesos relacionados con los bancos de semillas son esenciales para entender la dinámica de una comunidad y su regeneración natural (Vásquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1993) .

El banco de semillas representa la memoria tanto de la vegetación del pasado como de la que crece en el presente (Harper, 1977) e incluso, puede ser un referente de la composición vegetal que puede adquirir una comunidad en el futuro.

En muchos hábitats, el número de individuos presentes como propágulos latentes exceden el número de plantas creciendo en la vegetación establecida (Harper, 1977), esto nos permite tener una idea de la gran diversidad y abundancia que pueden llegar a contener. La existencia de especies en el banco de semillas y ausentes en la vegetación puede implicar que son relictos de vegetaciones previas o que fueron transportadas como parte de la lluvia de semillas de otras áreas (Harper, 1977).

1.2 Dinámica de los bancos de semillas

Los bancos de semillas poseen una dinámica propia dentro de las comunidades, en la que interactúan con diferentes procesos como la dispersión o lluvia de semillas, la latencia y la germinación, tal como se observa en la figura 1. Las semillas pueden tener diferentes vías de salida del banco de semillas: la vía de salida positiva para la semilla es la germinación para dar lugar a una plántula, sin embargo también pueden salir del banco a causa de la depredación por parte de animales, el ataque de patógenos, o desastres naturales como incendios o inundaciones (Baskin y Baskin, 1998). (Figura 1)

Entender la entrada y salida de propágulos en una comunidad permite predecir la distribución de las especies y la probabilidad de que estos ingresen a un banco o almacén de semillas en el suelo (Xiaojun *et al.*, 2007) y posteriormente establecerse. Por lo que para determinar la composición de especies de la vegetación en pie después de un disturbio, debe ser considerado que la composición, distribución y la densidad de semillas en el suelo interactúan con los factores ambientales presentes en cada sitio (Carrillo-Anzures, *et al.*, 2009).

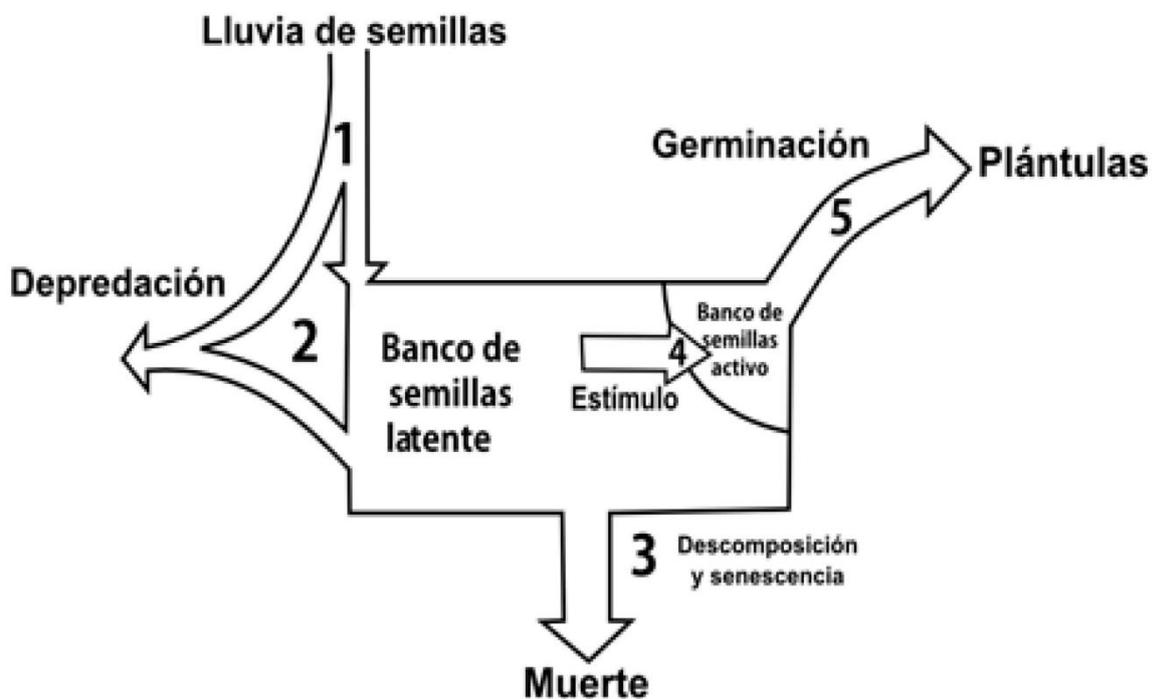


Figura 1. Dinámica de los bancos de semillas. (Modificado de Harper, 1977). 1) Entrada de propágulos al banco de semillas; 2) Salida de las semillas por depredación; 3) Salida de las semillas por descomposición y senescencia; 4) Estímulo necesario para romper el estado de latencia de las semillas; 5) Salida del banco de semillas por germinación.

La formación del banco de semillas se genera a través de la lluvia de semillas, que es el mecanismo por el cual arriban al ecosistema los propágulos (frutos y semillas), conocidos como unidades de dispersión o diásporas (Howe y Smallwood, 1982; Harper, 1977). El arribo de las diásporas a un lugar

depende de varios factores de la comunidad de plantas que las producen, tales como la altura, la distancia, la distribución de las fuentes de semillas, la cantidad de diásporas producidas, el tipo de dispersión que lleve a cabo y los vectores de dispersión disponibles (Harper, 1977). Las semillas que llegan a un sitio pueden haber sido originadas por las plantas de ese sitio, a las cuales se les denomina autóctonas, o pueden haberse originado en un sitio aledaño, a las cuales se les denomina alóctonas. Durante la sucesión secundaria, inmediatamente después de que es retirada por completo la vegetación de un sitio, toda la lluvia de semillas es alóctona pero conforme la vegetación se recupera, las semillas autóctonas también comienzan a contribuir a la lluvia de semillas (Young, *et al.*, 1987).

Las diásporas presentan diferentes síndromes de dispersión los cuales se clasifican con base en las estructuras que poseen, tales como alas (Pterocoria), plumas (Pogonocoria), espinas o ganchos (Acantocoria), cubiertas carnosas (Sarcocoria) o papiráceas (Sacocoria) y sustancias resinosas (Ixocoria) (Granados y López, 2001; Martínez-Orea, 2011). En función de sus estructuras, las diásporas pueden tener uno o más vectores de dispersión, los cuales pueden ser tanto abióticos (aire y agua) como bióticos (animales y la misma planta). Por ejemplo, las diásporas transportadas por el viento poseen alas, plumas o cubiertas papiráceas que facilitan su transporte (Anemocoria), mientras que las especies que son transportadas por animales presentan cubiertas carnosas con lo cual logran ser consumidas por los animales y dispersadas en las heces (Endozoocoria) o pueden tener ganchos o espinas con las cuales se adhieren al pelaje de los animales (Exozoocoria) (Bakker, *et al.*, 1996).

Posteriormente a esta dispersión, puede ocurrir un desplazamiento horizontal o dispersión secundaria, la cual puede darse a través de los mismos vectores antes mencionados o por la forma redondeada de algunas semillas que permite su rodamiento (De Souza-Maia, *et al.*, 2006).

La composición de un banco de semillas también puede depender del mecanismo mediante el cual se entierran las semillas, de los factores que impiden la germinación antes del entierro y de su periodo de supervivencia en

el suelo (Granados y López, 2001). La entrada de las semillas en el suelo se puede dar a través de grietas o canales en el mismo y que son producidos por agentes bióticos como animales o raíces, o por agentes abióticos como la lluvia (De Souza-Maia, *et al.*, 2006). Generalmente, las semillas de especies herbáceas se entierran a profundidades mayores que las especies de árboles y arbustos, debido a que producen semillas de menor tamaño lo que les permite enterrarse con mayor facilidad. (Teketay y Granström, 1995).

La permanencia y acumulación de las semillas en el suelo ocurre como consecuencia de la latencia o retraso de la germinación y hay que considerar que existen factores internos y externos capaces de prevenir la germinación de los individuos presentes en el banco de semillas (Christoffoleti y Caetano, 1998).

La latencia se define como la ausencia de germinación de una semilla viable bajo condiciones favorables en un periodo de tiempo específico (Hilhorst, 1998). Las semillas que se encuentran en estado de latencia, no pueden germinar bajo las condiciones ambientales a las que habitualmente germinan, ya que poseen alguna restricción para germinar, mientras que las semillas que no se encuentran en estado de latencia, pueden germinar bajo un amplio intervalo de condiciones ambientales (Baskin y Baskin, 2002). Las semillas en estado de latencia formarán lo que se conoce como banco latente, potencial o inactivo, las cuales al recibir el estímulo necesario pasarán a formar parte del banco activo (Fig. 1).

Baskin y Baskin (1998; 2004) definieron cinco tipos de latencia:

- a) Latencia física, en la cual la germinación se ve detenida por la presencia de una testa gruesa o impermeable al agua que impide la imbibición;
- b) Latencia fisiológica, esta es causada por un mecanismo fisiológico que previene la emergencia de la radícula; y
- c) Latencia morfológica en la que se requiere el crecimiento y/o maduración del embrión para que la germinación ocurra;

Así mismo puede haber casos en los que hay una combinación entre dos diferentes tipos de latencia, como la latencia morfofisiológica o la combinación de latencia física con fisiológica.

Según la duración en el tiempo del banco de semillas, Bakker, *et al.*, (1996) definieron tres tipos de banco de semillas:

- Transitorios. Formado por especies con semillas que persisten en el suelo por menos de un año.
- Persistentes de corto plazo. Formado por especies con semillas que persisten en el suelo al menos por un año pero menos de cinco.
- Persistentes de largo plazo. Especies con semillas, las cuales persisten en el suelo al menos por cinco años.

Generalmente las especies formadoras de bancos de semillas persistentes son las especies colonizadoras (Fenner, 1983) y malezas, es decir, las especies de fases sucesionales tempranas y demandantes de luz (tanto para su germinación como para su crecimiento), estas especies generalmente permanecen latentes hasta que las condiciones ambientales son adecuadas para su germinación; por otro lado, las especies de sucesión tardía generalmente producen pocas semillas y forman bancos transitorios, por lo que hay una escasa o nula acumulación de ellas en el banco de semillas (Zobel, *et al.* 2007). Es por esto que los bancos de semillas pueden funcionar como indicadores del grado de perturbación que tiene una zona. Ya que el tipo de banco de semillas que cada especie forma, definirá la composición que podría adquirir la comunidad en el futuro.

1.3 Importancia del banco de semillas

El banco de semillas es un componente clave para la resiliencia del sistema, cuando la vegetación establecida es destruida (Harper, 1977), ya sea por un disturbio natural o antropogénico, y su composición puede ser fundamental para predecir el curso de la sucesión secundaria. Además de éste existen otras dos fuentes principales para la regeneración natural después de un disturbio: la

entrada de semillas post-disturbio y el rebrote de estructuras vegetativas como troncos y raíces (Young, *et al.*, 1987), y dependiendo del tipo, intensidad y frecuencia del disturbio, la regeneración natural del bosque dependerá de alguna de estas estrategias (Leck, *et al.*, 1989).

En algunas ocasiones la presencia de algunos disturbios, tales como el fuego pueden funcionar como activadores para la germinación de algunas especies de semillas presentes en el banco, y por tanto generar un mayor reclutamiento de nuevos individuos dentro de una comunidad (Keeley y Fotheringham, 2000), favoreciendo la regeneración natural.

Además, los bancos de semillas reducen la probabilidad de extinción de una especie a largo plazo, permiten a algunas especies sobrevivir en ambientes de riesgo y pueden modificar la estructura genética de una población al ser fuente de variabilidad (Baskin y Baskin, 1977; 1998). Los factores bióticos y abióticos que influyen sobre los bancos de semillas determinan que éste se convierta en un filtro evolutivo determinando los genotipos que pueden sobrevivir bajo condiciones desfavorables, por lo que se considera que la formación de bancos de semillas puede aumentar la adecuación de las especies (Granados y López, 2001).

2. Antecedentes

Existen diferentes estudios de la dinámica de los bancos de semillas, algunos de los más importantes se han llevado a cabo en agroecosistemas debido a la preocupación que se tiene de que los cultivos sean invadidos por malezas (Carrillo-Anzures, 2009). También se han llevado a cabo algunos estudios en pastizales (Harper, 1977; Bekker, *et al.*, 1997; Luzuriaga, *et al.*, 2005;), bosques templados (Ramírez, *et al.*, 1992; Decocq, *et al.*, 2004; Carrillo-Anzures *et al.*, 2009) e incluso en humedales (Montenegro, *et al.*, 2006; Miao y Zou, 2009).

En los bosques de la cuenca del río Magdalena (CRM) se han llevado a cabo algunos estudios del banco de semillas. Martínez-Orea (2011) caracterizó la lluvia y el banco de semillas en los tres tipos de bosque presentes en la CRM. Por otro lado Pizarro-Hernández (2012) relacionó el banco de semillas, la lluvia de semillas y la vegetación establecida del bosque de *Abies religiosa* y encontró una baja similitud entre estos dos componentes. Por su parte, Solís-Oberg (2015) llevó a cabo un estudio del banco de semillas activo en el bosque de *Quercus spp.* utilizando la metodología de germinación de plántulas.

Con los diferentes estudios de bancos de semillas se han desarrollado dos principales metodologías para su estimación. La primera, es la emergencia de plántulas, en la cual se extrae el suelo del sitio y se coloca en condiciones favorables para la germinación de las semillas y conforme las plántulas van emergiendo se identifican y cuantifica su abundancia y riqueza (Brenchley y Warrington, 1930).

La segunda metodología es el conteo directo de las semillas en el suelo colectado, ya sea en un microscopio estereoscópico o mediante una separación previa de las semillas a través de flotación en soluciones salinas concentradas (Olmsted y Curtis, 1947).

3. Justificación:

El banco de semillas es una de las fuentes potenciales de regeneración natural que tiene una comunidad después de algún disturbio (Young *et al.*, 1987). Sin embargo también puede ser una fuente de invasión de plantas no nativas del lugar (López-Toledo y Martínez-Ramos, 2011) así como un reservorio de malezas y otras especies de la vegetación secundaria.

Los ecosistemas cercanos a la ciudad de México, como el bosque de la cuenca del río Magdalena, constantemente se encuentran sometidos a disturbios, lo cual ha permitido que se establezcan especies de malezas y especies invasoras en la vegetación. Estas afectaciones también podrían estar presentándose en el banco de semillas potencial, por lo que la composición de éste puede ser diferente dependiendo de la relación entre el grado de conservación y deterioro de los sitios.

Este tipo de estudios son importantes, ya que nos permite analizar si el estado de conservación en la vegetación en pie se ve reflejado en el banco de semillas, y tener una visión del potencial de resiliencia o restauración de la comunidad en las zonas de estudio en caso de algún disturbio (Hopfensperger, 2007).

A pesar de que la mayoría de los estudios de bancos de semillas utilizan el método de emergencia de plántulas, el método por conteo directo es de gran importancia ya que nos permite tomar en cuenta aquellas especies cuyas semillas se encuentran en estado de latencia y que posiblemente tarden mucho tiempo en germinar o incluso nunca germinen debido a que no se presentan las condiciones requeridas para hacerlo, pero que son parte fundamental en el proceso de sucesión de una comunidad pues constituyen fuentes de regeneración. Por lo tanto, en este trabajo se analiza la composición de especies en este elemento de la comunidad.

4. Objetivos:

General:

- Caracterizar y comparar la diversidad, abundancia y composición de especies en el banco de semillas inactivo o potencial, entre dos zonas con diferente grado de conservación dentro del bosque de encino y en dos temporadas del año.

Particulares:

- Determinar si el estado de conservación de cada zona influye en la composición del banco de semillas potencial.
- Comparar la composición del banco de semillas inactivo o potencial en dos diferentes temporadas del año.
- Determinar la similitud de especies entre el banco de semillas inactivo y la vegetación establecida.

5. Hipótesis

La composición, riqueza y abundancia del banco de semillas será diferente entre las unidades ambientales debido a las diferentes condiciones de conservación que presentan. Así mismo habrá diferencias entre temporadas debido a la marcada temporalidad que presenta la fenología de las especies del bosque.

La similitud entre el banco de semillas y la vegetación en pie será mayor en la unidad perturbada, debido a que sus condiciones permitirán la presencia en ambos componentes tanto de especies indicadoras de perturbación como de vegetación secundaria.

6. Material y método

6.1 Sitio de estudio.

El bosque templado de la cuenca del río Magdalena (CRM) se encuentra ubicada dentro del Eje Volcánico Transmexicano en la sierra de Las Cruces. La mayor parte se encuentra dentro de la Ciudad de México abarcando las delegaciones políticas Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa. Tiene una extensión de aproximadamente 2925 hectáreas (Ávila-Akerberg, 2002) y se ubica entre los 19° 13' 53" y 19° 18' 12" N y 99° 14' 50" y 99° 20' 30" O (Álvarez, 2000).

Según Nava (2003) el bosque posee tres comunidades vegetales: Un bosque de *Pinus hartweggi* en la parte más alta (3420-3800 m.s.n.m.), de *Abies religiosa* en la parte media (2750-3500 m.s.n.m) y de *Quercus rugosa* - *Quercus laurina* en la parte baja (2, 620-3370 m.s.n.m.)(Fig. 2).

Este estudio se llevó a cabo en el bosque de *Q. rugosa*- *Q. laurina*, en las unidades ambientales 1 y 2 definidas por Santibañez-Andrade *et al.* (2015), debido a que son las unidades más contrastantes respecto a la apertura del dosel y nivel de disturbio (Cuadro 1).

Cuadro 5. Características biofísicas de las unidades ambientales del bosque de Quercus seleccionadas para el estudio (Modificado de Santibañez-Andrade *et al.*, 2015)

Unidad	Tipo de suelo	Intervalo de altitud m.s.n.m	Extensión (ha)	Orientación y nivel de la pendiente	Fisionomía y nivel de conservación del bosque
QU1	Ah Lit/Ah	2700-3000	76.21	SE/Ligera	Dosel cerrado, muy denso y conservado
QU2	Ah/Lit	2700-3100	102.51	NW/Alta	Dosel abierto poco denso y con signos de disturbio

El bosque de *Quercus rugosa*- *Quercus laurina* se encuentra en la parte más baja y posee un clima templado el más húmedo de los subhúmedos [Cb'(w2) (w)] con una oscilación térmica anual entre 5 y 7 °C (Dobler, 2010). La época seca abarca de noviembre a mayo y la lluviosa de junio a octubre (Álvarez, 2000) y la precipitación media anual es de 800-1000 mm (Jujnovsky, 2006).

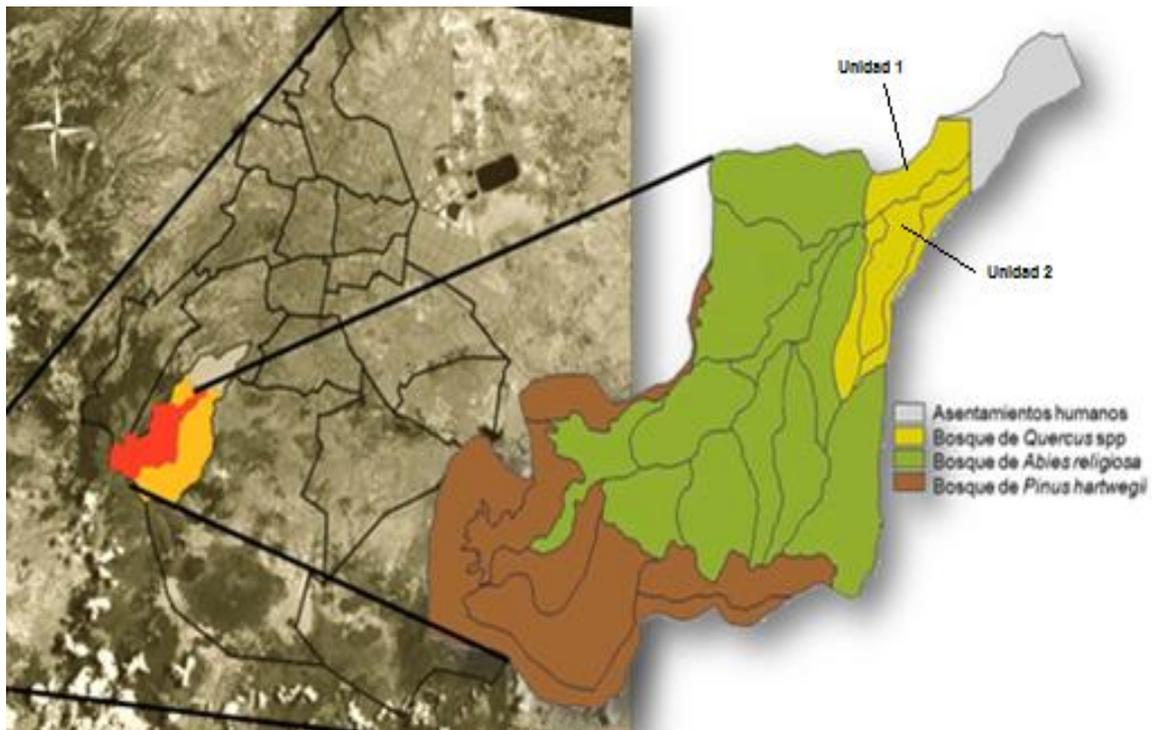


Figura 2. Unidades de paisaje en el bosque de la cuenca del río Magdalena. Las unidades 1 y 2 donde se realizó este trabajo se encuentran señaladas.

6.2 Muestreo

Se realizaron 2 muestreos: uno en temporada seca del 22 al 25 de enero del 2013 y otro en temporada de lluvias del 29 de julio al 2 de agosto del mismo año.

En cada una de las unidades se marcaron 15 parcelas de 5 X 5 m. Dentro de cada parcela se tomaron al azar 3 muestras por separado de suelo (cuadros de 30x30 cm y una profundidad aproximada de 8 cm). En cada una de las

parcelas se registró la pendiente, la orientación de la ladera, la temperatura y la humedad relativa. Para analizar la cobertura del dosel y la incidencia de luz se tomaron fotos hemisféricas las cuales se analizaron con el programa Gap Light Analyzer (Frazer, *et al.*, 2000).

En cada parcela se registraron las especies presentes así como las coberturas de las especies herbáceas y los diámetros a la altura del pecho (DAP) de las arbóreas. En este estudio, sólo se trabajó con las abundancias de las especies encontradas en cada parcela, la descripción de la estructura vegetal completa de las unidades de estudio se encuentra en Solís-Oberg (2015).

6.3 Separación de semillas.

Se utilizó el método de conteo directo de semillas. Las 3 muestras de suelo de cada parcela fueron mezcladas, se dejaron secar a la sombra y posteriormente se pasaron a través de 3 tamices (mallas de 1mm). Una parte de este tamizado se separó y se llevó a analizar al Colegio de Posgraduados de Chapingo (COLPOS) para la determinación del pH, conductividad eléctrica y cantidad de materia orgánica (M. O.), Nitrógeno (N), Potasio (K) y Fósforo (P).

Otra parte del tamizado (200g) se utilizó para la separación manual de semillas con ayuda de un microscopio estereoscópico (Mods. SZ61, Olympus y SMZ745T, Nikon). Durante la separación se tomaron en cuenta como individuos independientes las diásporas, es decir, las unidades de dispersión de cada especie, ya sean frutos o semillas, sin embargo a lo largo de este trabajo se utiliza el término “semilla” para referirse a lo encontrado.

Se decidió utilizar este método debido a que, aunque requiere de mayor esfuerzo y tiempo, incluye a las semillas del banco potencial, es decir, aquellas que se encuentran en latencia. Las semillas que se encontraron fueron contadas y separadas por morfoespecies para su posterior identificación.

6.4 Identificación de especies

La identificación de las semillas se llevó a cabo mediante el reconocimiento visual con ayuda de literatura y bases de datos de imágenes electrónicas. Para las especies que no pudieran ser reconocidas a nivel de especie a simple vista, se consultó en el Herbario Nacional (MEXU) las semillas de algunas de las especies presentes en la zona. A las semillas que no pudieron ser identificadas, se les dejó como morfoespecies.

6.5 Análisis de datos

Debido a que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1974) con el programa Statsoft Inc. 2007 para determinar si había diferencias significativas en la riqueza y abundancia del banco de semillas entre las unidades ambientales y las temporadas del año muestreadas.

Se contabilizaron el número de morfoespecies encontradas en cada unidad y temporada, así mismo se calculó el índice de riqueza de Margalef con la siguiente fórmula:

$$D_{Mg} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde: D_{Mg} = Índice de Margalef; S= Número de especies totales encontradas; N= Número de individuos totales encontrados.

Las especies encontradas e identificadas se categorizaron por forma de crecimiento, forma de vida, ciclo de vida, síndrome de dispersión para realizar una comparación entre unidades a través de una prueba de χ^2 .

Para analizar la diversidad de cada una de las unidades, se calculó el índice de Shannon-Wiener con la fórmula (Magurran, 1998):

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde H' = Índice de Shannon-Wiener; p_i = Abundancia relativa, es decir, proporción del número de semillas encontradas por morfoespecie entre el número total de semillas encontradas por unidad y temporada.

Posteriormente se realizó una prueba de *t* de student para comparar los valores de diversidad entre las unidades y temporadas. Para esto se calcularon primero las varianzas de cada sitio con la fórmula:

$$S^2H' = \frac{\sum fi \log^2 fi - (\sum fi \log fi)^2/n}{n^2}$$

Donde S^2 = Varianza; H' = Índice de Shannon-Wiener; fi = número de semillas encontradas de cada especie encontradas en el sitio y n = número total de semillas encontradas en cada unidad ambiental.

Posteriormente se calculó la diferencia de varianzas con la siguiente fórmula:

$$SH'1 - SH'2 = \sqrt{S^2H'1 + S^2H'2}$$

El valor de *t* se calculó de la siguiente fórmula:

$$t = \frac{H'1 - H'2}{SH'1 - SH'2}$$

Para comparar la *t* calculada con la de tablas se calcularon los grados de libertad de la siguiente manera:

$$v = \frac{(S^2H'1 + S^2H'2)^2}{\frac{(S^2H'1)^2}{n_1} + \frac{(S^2H'2)^2}{n_2}}$$

Se consideró un $\alpha = 0.05$, siempre que la *t* calculada fuera mayor que la *t* de tablas se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se asume que hay diferencias significativas entre los valores de diversidad (Zar, 1974).

Asimismo se calculó el índice de equitatividad con las fórmulas:

$$E = \frac{H'}{H_{Max}} \quad H_{Max} = \log S_1$$

Donde: E = Índice de equitatividad; H' = Índice de Shannon-Wiener; S_1 = Número total de especies.

Posteriormente se obtuvo el índice de dominancia de Berger-Parker, el cual se obtiene calculando el cociente entre el número de individuos de la especie más abundante entre el número total de individuos.

Para comparar la similitud de especies entre ellas se utilizó el índice de Sorensen el cual se calcula con la fórmula:

$$S = 2C / a + b$$

Donde: C= número de especies compartidas entre los sitios a comparar; a= número de especies en uno de los sitios y b= número de especies en el otro sitio.

Con base en las abundancias de semillas encontradas en cada parcela se realizó un dendograma con el programa PC ORD 5.1 (McCune y Mefford, 2006), en el cual se agrupó a las especies y a las parcelas para observar relaciones entre ellas.

Se realizó un análisis de correspondencias canónicas (CCA) para observar la relación de los factores ambientales del suelo con la abundancia de las diferentes morfoespecies encontradas en el banco de semillas. Este análisis se llevó a cabo con el programa PC ORD 5.1 (McCune y Mefford, 2006).

Para evaluar la relación del banco de semillas con la vegetación establecida, se calcularon nuevamente los índices de similitud de Sorensen, pero ahora tomando en cuenta las especies totales presentes en estos dos componentes y utilizando el programa PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer, *et al.*, 2001).

Se realizó otro análisis de correspondencia canónica, pero ésta vez tomando en cuenta además de las variables ambientales, los datos de abundancia, riqueza y diversidad total en cada parcela del muestreo tanto del banco de semillas como de la vegetación.

7. Resultados

7.1 Banco de semillas inactivo

7.1.1 Descripción general

En total se encontraron 1932 semillas correspondientes a 64 morfoespecies, de las cuales 28 se identificaron a nivel de especie, 2 a nivel de género mientras que 34 se quedaron como morfoespecies. Sin embargo, dentro de las 30 especies identificadas a algún nivel taxonómico se encuentran el 94.29% del total de semillas encontradas.

La unidad 1 presentó mayor abundancia en el número de semillas encontradas que la unidad 2. En la unidad 1 en la temporada de lluvias se encontraron 1018 semillas, mientras que en la temporada seca se encontraron 445; Para la unidad 2 se encontraron 333 y 136 semillas durante la temporada seca y lluviosa respectivamente (Figura 3a). Sin embargo, en términos de riqueza de morfoespecies, la unidad 2 durante la temporada seca fue la que presentó el mayor número con 44 morfoespecies (Figura 3b).

En la prueba de Kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas en la abundancia de semillas al comparar las diferentes unidades ($H_{1, 60} = 10.64$, $p = 0.0011$), pero no entre temporadas ($H_{1, 60} = 0.85$, $p = 0.35$). La combinación de ambas variables también mostró diferencias significativas entre la unidad 1 en temporada lluviosa y la unidad 2 en ambas temporadas ($H_{3, 60} = 15.20$, $p = 0.0017$),

En el número de morfoespecies no se encontraron diferencias significativas entre unidades ($H_{1, 60} = 0.01$, $p = 0.91$) ni entre temporadas ($H_{1, 60} = 1.19$, $p = 0.27$). La combinación entre ambos factores tampoco mostró diferencias significativas ($H_{3, 60} = 4.77$, $p = 0.19$).

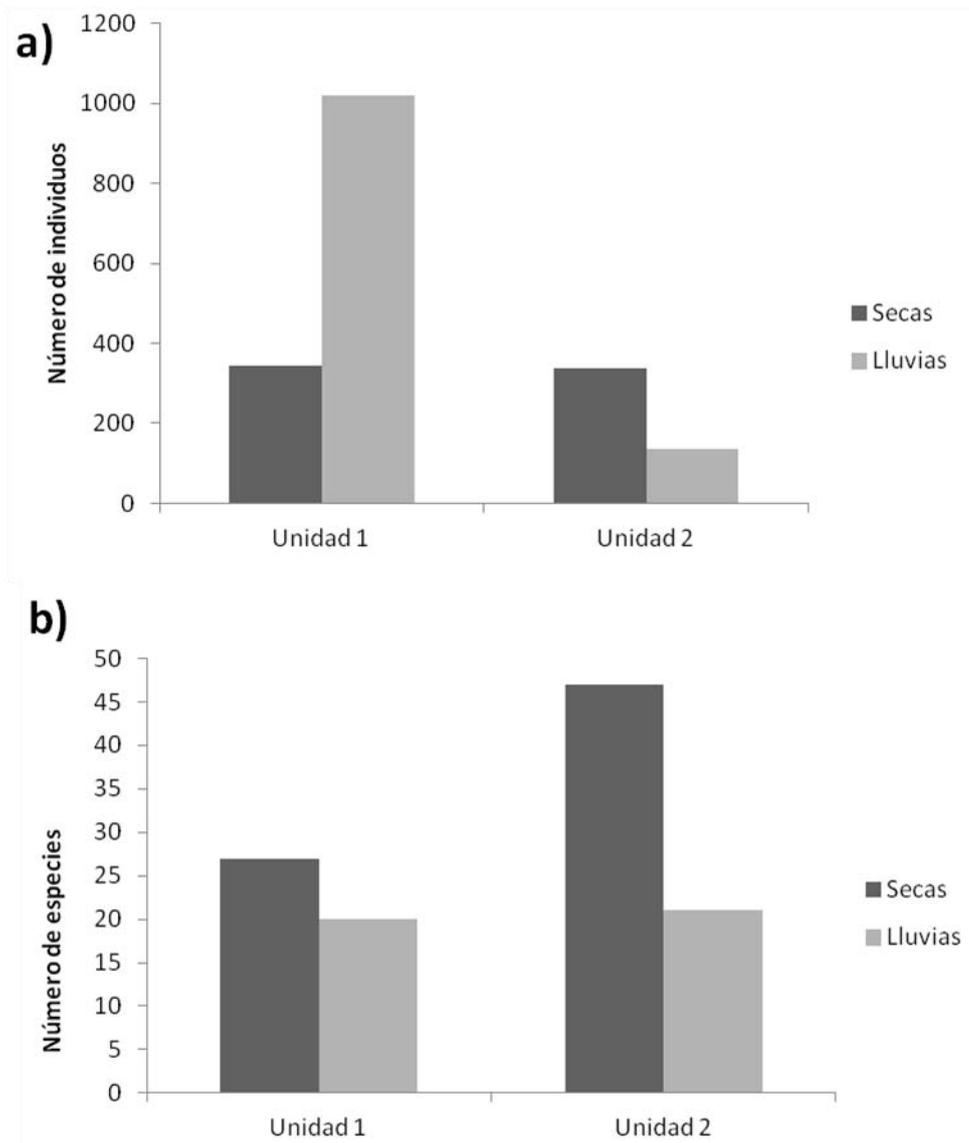


Figura 3. Abundancia y riqueza obtenidas por unidad y temporada en el banco de semillas potencial. a) Abundancias de semillas encontradas por unidad y temporada; b) Riqueza de morfoespecies encontradas por unidad y temporada.

En la unidad 1 se encontró un total de 33 morfoespecies. Durante la temporada seca se encontraron 25 morfoespecies de las cuales la más dominante fue *Conopholis alpina* seguida por *Iresine diffusa* (Fig. 4a) y presentó un índice de riqueza de Margalef de 3.93. Durante la temporada de lluvias la riqueza de especies encontradas disminuyó a 19 y el valor del índice a 2.59, las especies dominantes fueron las mismas que en la temporada seca, pero se presentó un gran incremento en sus abundancias (Figura 4c).

En la unidad 2 se encontraron en total 49 morfoespecies. Durante la temporada seca se presentó la mayor riqueza con 44 especies, cuando la más dominante fue *Salvia tiilifolia* seguida de *Potentilla haematochrous* (Fig. 4b), así mismo se presentó el valor más alto en el índice de riqueza con 7.40. Durante la temporada de lluvias el número de especies disminuyó a 20 y la dominante fue únicamente *Potentilla haematochrous* (Fig. 4d), el índice de riqueza también disminuyó a 3.86.

Las especies *Iresine diffusa*, *Phytolacca icosandra*, *Physalis coztomatl*, *Salvia mexicana* y *Sambucus nigra* fueron las únicas especies que se encontraron en ambas unidades y en ambas temporadas; todas se encuentran catalogadas como malezas dentro del bosque de la cuenca del río Magdalena.

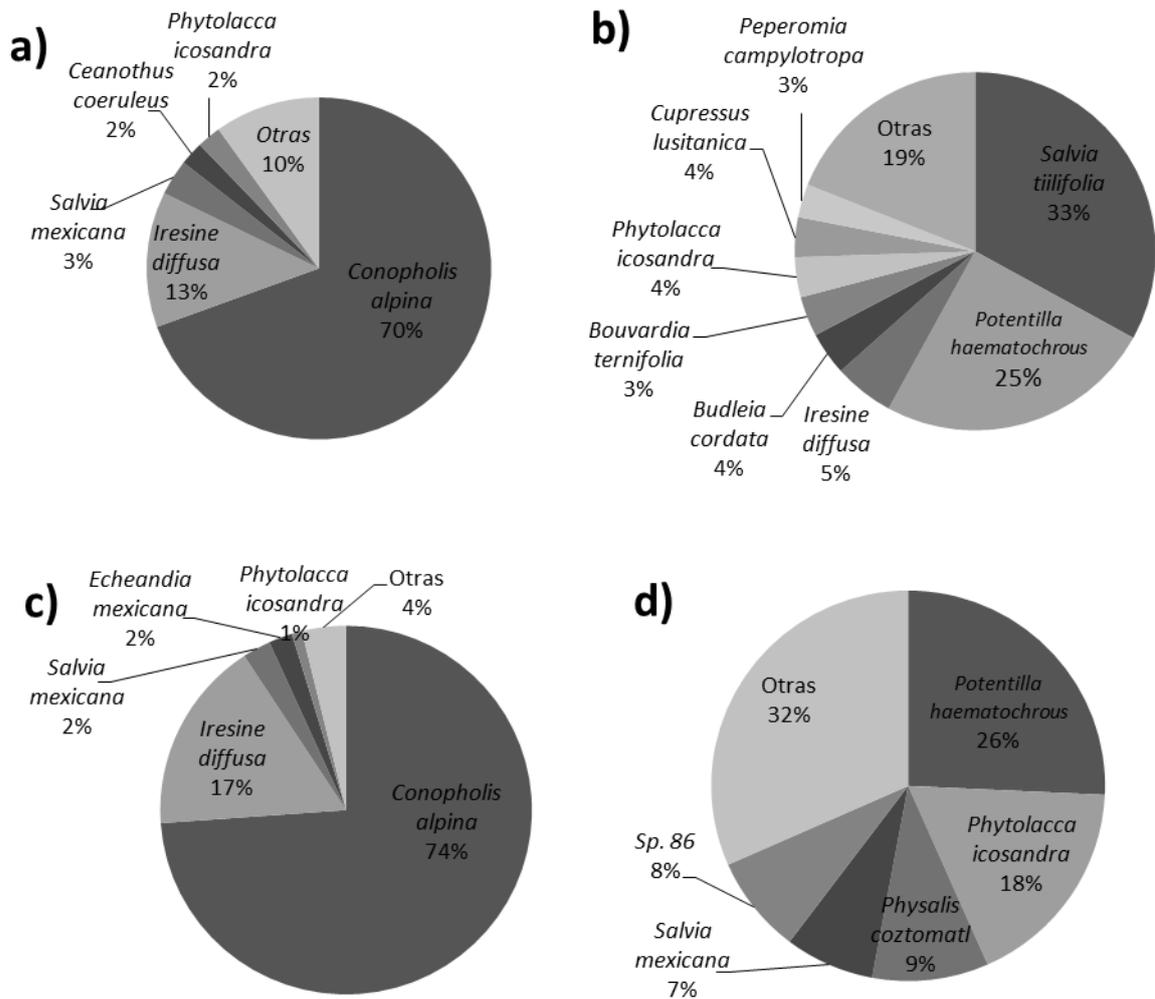


Figura 4. Abundancia relativa por morfoespecie en cada unidad y temporada. Abundancia relativa de las morfoespecies encontradas durante: a) unidad 1 temporada seca; b) unidad 2 temporada seca; c) unidad 1 temporada lluviosa y d) unidad 2 temporada lluviosa.

7.1.2 Diversidad y dominancia del banco de semillas

El cuadro 2 presenta los valores de diversidad, equitatividad y de dominancia de cada unidad y temporada, en donde se puede observar que la unidad 2 presentó mayores valores de diversidad tanto en temporada seca como en lluvia y el menor valor de dominancia en la temporada de lluvias. El valor más bajo de diversidad se encontró en la unidad 1 en temporada de lluvias,

acompañado al mayor valor de dominancia debido a la gran abundancia de la especie *Conopholis alpina*.

Cuadro 6. Índices de diversidad de Shannon-Weinner (H'), equitatividad (E) y de dominancia de Berger-Parker (D) del banco de semillas en ambas unidades y temporadas.

	H'	E	D
Unidad 1 Seca	1.60	0.93	60%
Unidad 1 Lluvia	0.95	0.74	74%
Unidad 2 Seca	2.41	1.47	33%
Unidad 2 Lluvia	2.43	1.87	25%

Los valores de diversidad entre las unidades fueron significativamente distintos tanto en temporada seca $t_c = 16 > t_{0.05, 388} = 1.97$, como en temporada de lluvia $t_c = 36 > t_{0.05, 203} = 1.97$. En la unidad 1 también fueron significativamente diferentes los valores de diversidad entre temporadas $t_c = 15 > t_{0.05, 454} = 1.97$. En la unidad 2 no se presentaron diferencias significativas en el valor de diversidad entre temporadas $t_c = 0.3 < t_{0.05, 388} = 1.97$.

7.1.3 Similitud de especies

Los valores más altos de similitud se presentaron al comparar las mismas unidades pero en temporadas diferentes, lo que significa que la temporalidad afecta poco el recambio de especies en el banco de semillas. Entre temporadas de la unidad 2 se compartió el mayor número de especies, sin embargo el valor del índice de similitud entre las temporadas de la unidad 1 fue mayor (Cuadro 3).

Por otro lado, la similitud entre unidades en ambas temporadas fue baja, por lo que la composición de especies en el banco de semillas de cada unidad parece ser diferente.

Cuadro 7. Valores del índice de similitud de Sorensen entre las diferentes unidades y temporadas. El número de especies compartidas entre sitios se encuentran entre paréntesis. SU1 = Unidad 1 en secas, LU1= Unidad 1 en lluvias, SU2= Unidad 2 en secas y LU2= Unidad 2 en lluvias.

Unidad- Temporada	SU1	LU1	SU2	LU2
SU1	1	0.51(11)	0.35 (12)	0.44 (10)
LU1		1	0.35 (11)	0.36 (7)
SU2			1	0.47 (15)
LU2				1

7.1.4. Atributos biológicos de las especies encontradas en el banco de semillas

Las 30 especies identificadas a algún nivel taxonómico se distribuyeron en 21 familias; la mejor representada fue la familia Solanaceae con 4 especies, seguida de Rosaceae y Asteraceae con 3 cada una, Lamiaceae y Cyperaceae con 2, y 16 familias con un sólo representante (Anexo 1).

La forma de crecimiento mejor representada en el banco de semillas total fue la herbácea con 16 especies, seguida de la arbustiva con 8 especies y al final la arbórea con 5. En ambas unidades dominaron las especies herbáceas, sin embargo las especies arbóreas presentaron un porcentaje más bajo en la unidad 1 (Fig. 5a-b). En la prueba de χ^2 no se encontraron diferencias significativas ($\chi^2=0.35$, g.l.=2, $p=0.92$).

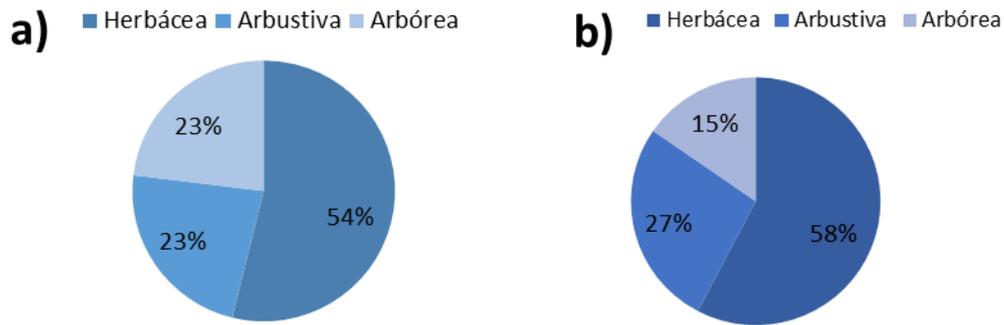


Figura 5. Porcentajes de especies del banco de semillas por forma de crecimiento en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.

Así mismo hubo una gran dominancia de plantas perennes respecto a las anuales con 26 y 3 especies respectivamente. En ambas unidades se obtuvieron porcentajes mayores de especies perennes (Fig. 6a-b). La χ^2 no fue significativa ($\chi^2=0.11$, g.l.=1, $p=0.73$).

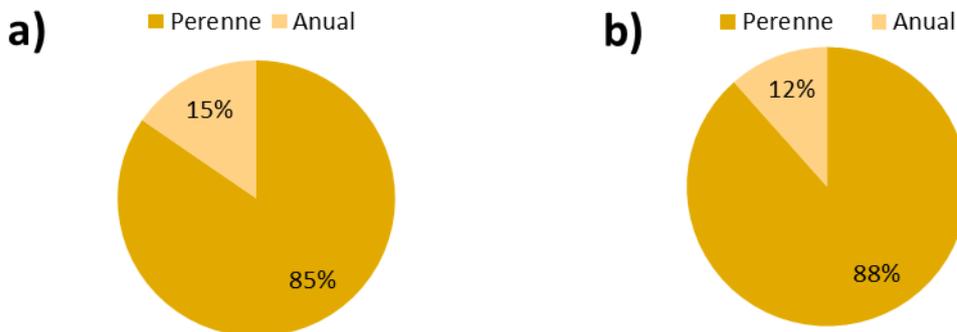


Figura 6. Porcentajes de especies del banco de semillas por ciclo de vida en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.

Respecto a las formas de vida, las dominantes fueron la fanerofitas con 13 especies seguido de las hemicriptofitas con 7, criptofita con 5, terofita con 2, camefita con un solo representante y una especie parásita (fig. 7a-b). No se encontraron diferencias significativas entre unidades ($\chi^2=1.37$, g.l.=5, $p=0.92$).

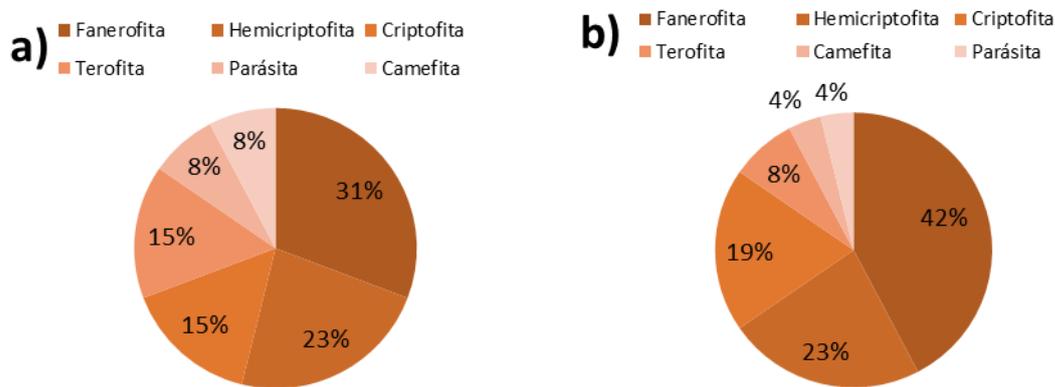


Figura 7. Porcentajes de especies del banco de semillas por forma de vida en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.

El síndrome de dispersión mejor representado fue la sarcocoria con 10 especies, seguido por la esclerocoria con 9 especies, la esporocoria con 3 representantes, pterocoria con 3 y la pogonocoria e ixocoria con una sola especie cada una. En la unidad 2 se presentó un mayor número de síndromes de dispersión, sin embargo, la prueba de χ^2 no mostró diferencias ($\chi^2=4.11$, g.l.=6, $p=0.66$) (Fig. 8a-b).

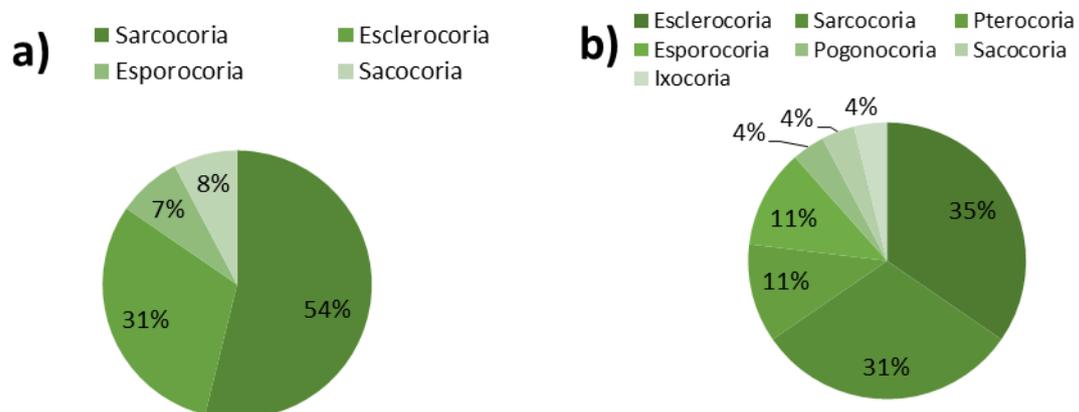


Figura 8. Porcentajes de especies del banco de semillas por síndrome de dispersión en cada unidad ambiental. a) Unidad 1; b) Unidad 2.

Se registraron 19 especies (65.52%) catalogadas como especies de vegetación secundaria o indicadores de perturbación para el bosque de la

cuenca del río Magdalena, de las cuales *Iresine diffusa*, *Salvia mexicana*, *Salvia tiliifolia* y *Phytolacca icosandra* presentaron grandes abundancias. Se determinaron 11 especies características o típicas de bosque templado (34.48 %). Entre unidades se encontró la misma proporción de especies entre estas dos categorías (Fig. 9a-b).

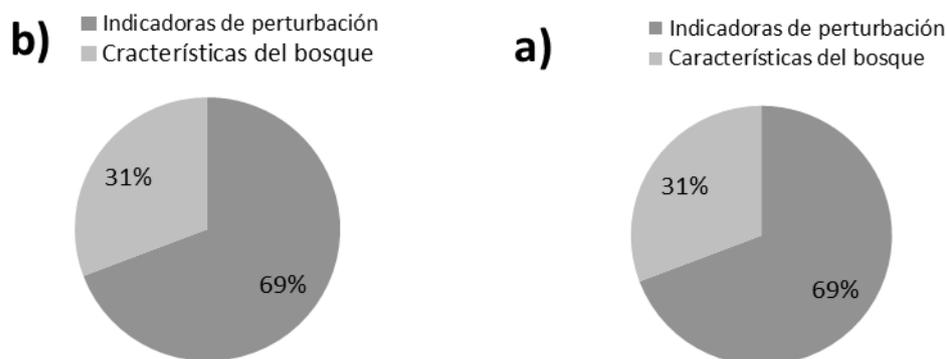


Figura 9. Porcentajes de especies indicadoras de perturbación y características encontradas en el banco de semillas por unidad. a) Unidad 1; b) Unidad 2.

7.1.5 Análisis de conglomerados de dos vías

El análisis de conglomerados de dos vías se muestra en la figura 10. En la clasificación por parcelas de muestreo podemos observar que a una distancia de corte del 25 % se da la formación de 4 grupos en función de las abundancias de las especies encontradas en cada parcela de muestreo.

En el primer grupo se encuentran 10 parcelas, principalmente de la unidad 1 de temporada seca y lluviosa, en las cuales existe una gran abundancia de las especies *Conopholis alpina*, *Iresine diffusa* y *Phytolacca icosandra*. Así mismo se encuentra una parcela de la unidad 2 donde se encontraron algunos individuos de *C. alpina*.

El segundo grupo reúne 14 parcelas, también en su mayoría de la unidad 1, con gran abundancia de *C. alpina* e *I. diffusa* pero poca presencia de *P. icosandra*.

El tercer grupo formado por 23 parcelas es el más heterogéneo de los cuatro, ya que contiene parcelas tanto de ambas unidades como de ambas temporadas, esto debido a que en estas parcelas la composición de especies es bastante heterogéneo y con abundancias bajas por lo que casi no se observan especies dominantes.

El cuarto grupo está integrado por 13 parcelas de la unidad 2, principalmente de la época lluviosa, en las que fueron mayormente abundantes las especies *Phytolacca icosandra* y *Physalis coztomatl*.

Con respecto a la clasificación por especies se observa una gran heterogeneidad, ya que las agrupaciones entre las especies son muy bajas y no demuestran una correspondencia con las unidades ni las temporadas.

7.1.6 Análisis de correspondencia canónica (CCA)

En la figura 11 se muestra el análisis de correspondencia canónica, el cual nos muestra la relación que existe entre los factores ambientales y las abundancias de las morfoespecies de semillas encontradas en el banco de semillas por cada parcela. En él se observa que la unidad 1 se encuentra definida por la inclinación de la pendiente, la humedad, la temperatura así como por la cantidad de nitrógeno y potasio que se encuentra en el suelo. Por su parte la unidad 2 se encuentra definida principalmente por el porcentaje total de luz que incide en las parcelas.

La presencia de especies de vegetación secundaria parece estar mayor influenciada por el porcentaje de luz total que incide en las parcelas, ya que la mayoría se concentraron en el grupo definido por este factor. Sólo 4 de éstas especies (*Iresine diffusa*, *Commelina diffusa*, *Salvia mexicana* y *Echeandia mexicana*) no presentaron una relación con esta variable.

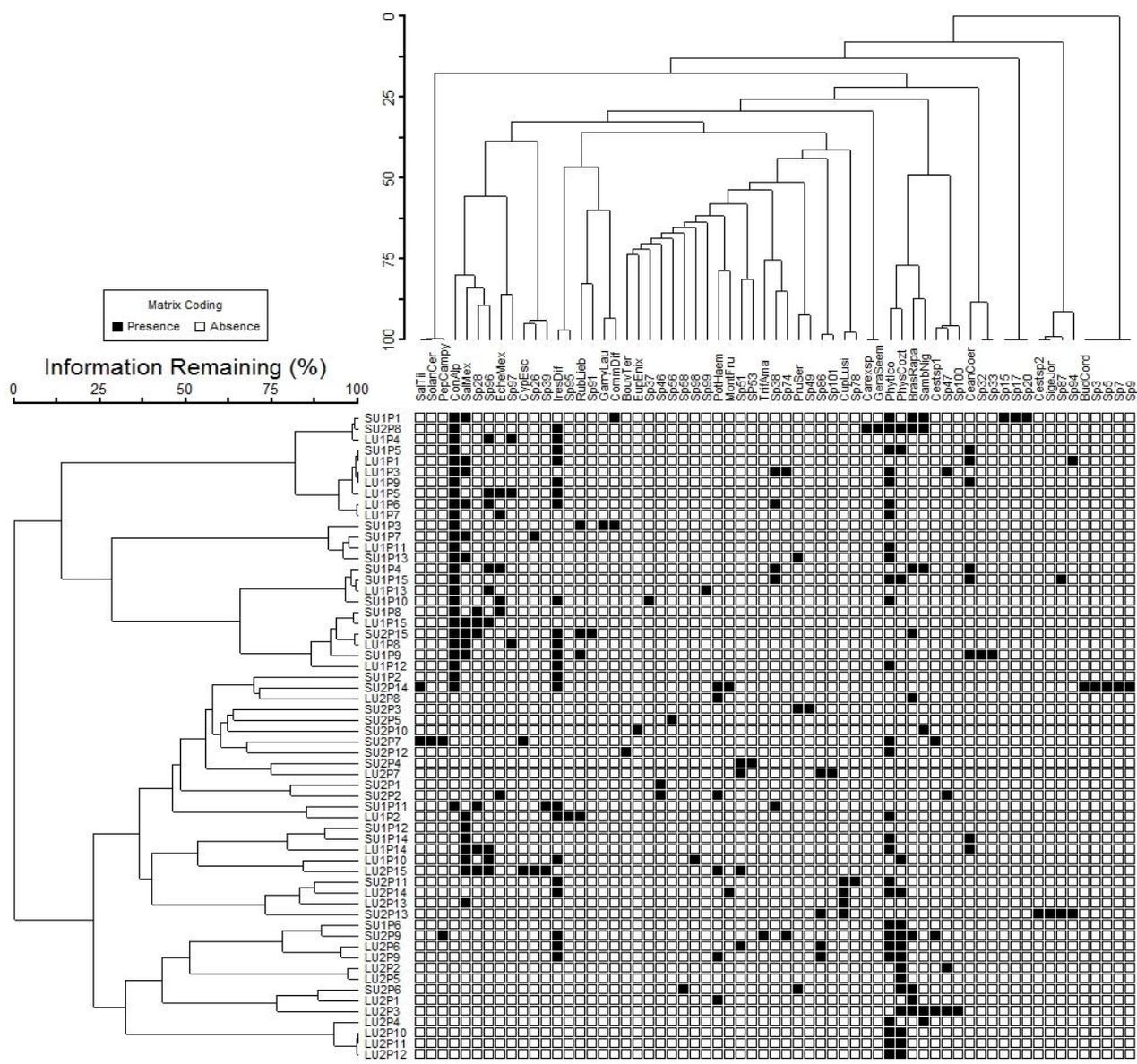


Figura 10. Dendrograma del análisis de dos vías de las especies encontradas en el banco de semillas inactivo por parcelas de muestreo. S= Temporada seca; L= Temporada lluviosa; U= Unidad; P= Parcela.

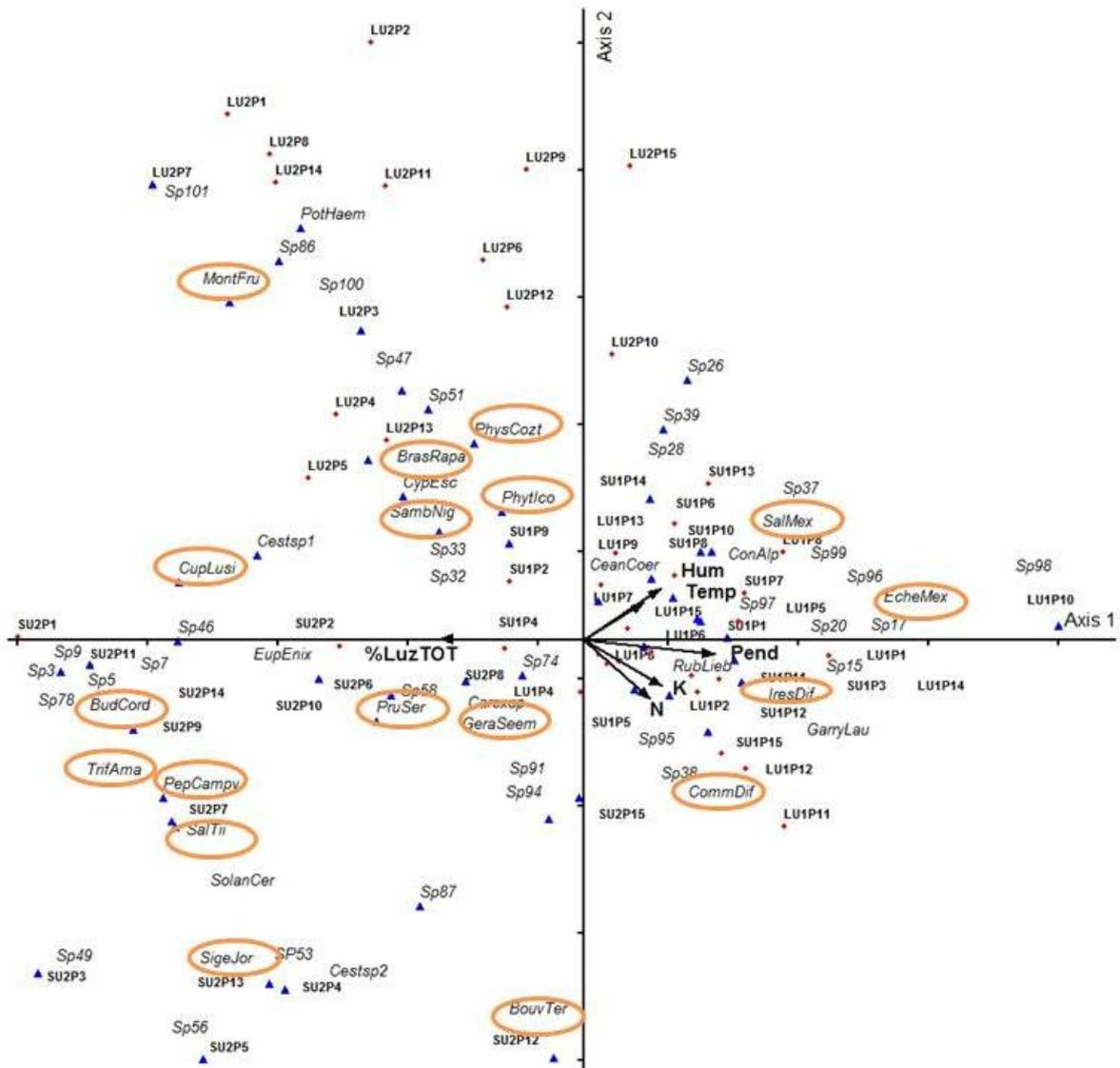


Figura 11. CCA de las variables ambientales en relación con las abundancias por especie encontradas en el banco de semillas inactivo en cada parcela de muestreo. Las especies indicadoras de perturbación se encuentran señaladas. S= Temporada seca, L= Temporada lluviosa, P= Parcela, Hum= Humedad relativa, Temp= Temperatura en °C, N= Contenido de nitrógeno en el suelo, K= Contenido de potasio en el suelo y Pend= Pendiente. Eje de variación 1= 0.678 y eje de variación 2= 0.565.

7.2 Relación del banco de semillas inactivo con la vegetación establecida

7.2.1 Similitud de especies

En la vegetación establecida se registró un total de 138 especies lo cual supera en gran medida el número de especies presentes en el banco de semillas inactivo.

En la unidad 1 se registraron 38 especies en la vegetación establecida durante la temporada seca y 51 especies durante la temporada de lluvia. Mientras que la unidad 2 presentó 58 especies en la vegetación establecida en la temporada seca y 50 especies en la temporada de lluvia.

Entre la vegetación y el banco de semillas se compartieron 17 especies en total y se obtuvo un valor de similitud de Sorensen de 0.18. En el cuadro 4 se muestran los valores de similitud completos por unidad y temporada.

Durante la temporada seca hubo una mayor similitud entre el banco de semillas y la vegetación que durante la temporada lluviosa, pues fue donde se presentó el mayor valor para este índice. Por su parte en la unidad 2 se observó una mayor similitud entre estos dos componentes que en la unidad 1.

Cuadro 8. Valores de similitud de Sorensen entre el banco de semillas inactivo y la vegetación establecida.

Similitud BS/Vegetación	Índice de Sorensen
Total	0.186
Unidad 1	0.125
Unidad 2	0.166
Temporada seca	0.23
Temporada lluvia	0.112
Unidad 1 Secas	0.158
Unidad 1 Lluvias	0.108
Unidad 2 Secas	0.212
Unidad 2 Lluvias	0.106

7.2.5 Análisis de correspondencia canónica

En el análisis de correspondencia canónico se obtuvieron dos grupos definidos por las variables ambientales en las que recaen las dos unidades ambientales estudiadas (Figura 12).

Los datos de diversidad, riqueza y abundancia de la vegetación establecida fueron mayores en las parcelas de la unidad 2, al igual que la riqueza y la diversidad de especies del banco de semillas.

La abundancia de semillas fue mayor en la unidad 1; las principales variables que determinaron esta abundancia de semillas son la cantidad de fósforo, nitrógeno y potasio del suelo, así como la temperatura y la humedad ambientales.

8. Discusión:

8.1 Abundancia riqueza y diversidad del banco de semillas

La abundancia de semillas fue significativamente mayor en la unidad 1 que en la unidad 2, principalmente durante la temporada lluviosa, lo cual fue contrario a lo que se esperaba debido a que en otros estudios se han encontrado una mayor cantidad de individuos en bosques sometidos a disturbios que en bosques maduros (Onaindia y Amezaga, 2000; Zobel *et al.*, 2007). Sin embargo, la mayoría de las semillas encontradas en la unidad 1 pertenecieron a dos únicas especies: *Conopholis alpina* e *Iresine diffusa*, por lo que esta diferencia entre unidades puede ser atribuida más a las estrategias reproductivas de estas especies que a un efecto del estado de conservación de las unidades bajo estudio.

La temporalidad no mostró tener un efecto significativo en la abundancia, lo cual difiere con otros estudios que reportan diferencias significativas en la densidad de semillas encontradas en diferentes estaciones del año (Yan, *et al.*, 2012).

En la riqueza de morfoespecies no se encontraron diferencias significativas entre unidades ni entre temporadas. A pesar de que durante la temporada seca, la unidad 2 presentó una mayor riqueza de morfoespecies que la unidad 1, muchas de estas morfoespecies presentaron valores de abundancia muy bajos e incluso, muchas de éstas no se encontraron durante la temporada lluviosa. Esto podría deberse a que las semillas de estas especies presentan poca duración en el banco de semillas, por lo que se encontraron poco en la temporada seca, mientras que para la temporada lluviosa desaparecen, ya sea por germinación o descomposición.

Sin embargo, al analizar los valores de diversidad obtenidos con el índice de Shannon-Weinner se observa que la unidad 2 presenta valores significativamente mayores a los de la unidad 1, debido a que las abundancias de las morfoespecies son más cercanas entre sí y el índice de equitatividad es

mayor. La temporalidad parece no afectar la diversidad en la unidad 2 y afectar poco en la unidad 1.

El bajo efecto que tiene la temporalidad sobre el banco de semillas también se observa al analizar los valores del índice de Sorensen, ya que los mayores valores a este índice se presentaron al comparar las mismas unidades, en diferente temporada. Este resultado es coincidente con el de Martínez-Orea (2011) que reporta una alta similitud de especies en el banco de semillas del bosque de encino de la cuenca del río Magdalena entre ambas temporadas.

Contrario a lo que se esperaba, la temporalidad no tuvo un efecto en el banco de semillas potencial, esto pudo deberse a dos factores principales. El primero fue que sólo se analizó la parte del suelo mineral, mientras que la parte formada por la hojarasca no fue tomada en cuenta. La profundidad del suelo es un factor que puede tener una gran influencia en la variación de la riqueza del banco de semillas (da Silva, *et al.*, 2013) así que, a pesar de que existan diferencias en los estados fenológicos de las especies dependiendo de la temporada, la hojarasca podría actuar como un filtro permitiendo sólo a ciertas especies de semillas enterrarse en el suelo, probablemente sólo las formadoras de bancos de semillas persistentes, por lo que la composición en este estrato varía muy poco y el único cambio que se observa es la adición de nuevos individuos pero de las mismas especies.

El otro factor fue el método utilizado para el estudio, debido a que la mayoría de los autores utilizan el método de germinación de plántulas, con el cual es posible identificar la pérdida de viabilidad a través del tiempo de las semillas presentes en el banco y por tanto las fluctuaciones que sufre en la composición y abundancia de las especies (Yan, *et al.*, 2012). Debido a que en el método utilizado en este trabajo no se contempló la germinación sino únicamente la presencia de las semillas y a que no se llevaron a cabo estudios de la viabilidad, el efecto de la temporalidad pudo ser mucho menor debido a una sobrestimación del número de semillas viables (Flores y Dezzeo, 2005).

8.2 Especies dominantes y composición del banco de semillas

En la unidad 1, tanto en temporada seca como en la de lluvias, el banco de semillas estuvo ampliamente dominado por *Conopholis alpina*, la cual es una planta holoparásita de las raíces de los árboles de encino (Calderón y Rzedowsky, 2010) perteneciente a la familia Orobanchaceae, dentro de la cual todos sus miembros son holoparásitos. Diversos estudios se han llevado a cabo en especies de esta familia, principalmente del género *Orobanche*, los cuales han demostrado que estas especies presentan un tipo de latencia, y que para su germinación necesitan un “acondicionamiento” a ciertas temperaturas, así como la presencia de un estimulante químico probablemente producido por la raíz del hospedero (Baskin y Baskin, 1998; López-Granados y García-Torres, 1996), por lo cual las semillas de estas especies pueden durar mucho tiempo dentro del banco. Además, producen una gran cantidad de semillas para así aumentar la probabilidad de estar cercano a una raíz hospedera y poder germinar, por lo que era de esperarse una gran cantidad de estas semillas en el banco potencial. Ávila-Akerberg (2002) reporta a *C. alpina* entre las especies con mayor frecuencia dentro del estrato herbáceo de éste bosque. Sin embargo, su poca presencia en el banco de semillas de la unidad 2 podría sugerir que el estado de conservación y la disminución en la densidad de individuos de encino, influye en la asociación parasítica que forma esta especie.

Iresine diffusa es una especie indicadora de disturbio, que no mostró tener una relación con la incidencia de luz. Sin embargo, *I. diffusa* se tiene identificada como una especie terofita, anual o bienal que crece en bosques y en matorrales (Calderón y Rzedowsky, 2010) por lo tanto es de esperarse que produzca una gran cantidad de semillas y que éstas sean persistentes en el banco, debido a que la continuidad de sus poblaciones depende de su germinación y establecimiento.

En la unidad 2 en ambas temporadas hubo una gran cantidad de semillas de *Potentilla haematochrous*; Baskin y Baskin (1998) reportan que algunas especies del género *Potentilla* (por ejemplo: *P. aurea*, *P. hyparctica* y *P. pulchella*) presentan una latencia fisiológica que se rompe con una

estratificación en frío, por lo que se podría suponer que *P. haematochrous* al presentar este tipo de latencia tiende a acumularse dentro del banco de semillas potencial.

Se encontró una mayor proporción de especies herbáceas, y a pesar de que se encontraron 5 especies arbóreas, 4 de ellas son características de vegetación secundaria y sólo 1 característica del bosque maduro. Esta baja proporción de taxa arbóreas con respecto a los herbáceos es similar al reportado por otros estudios (Esmailzadeh *et al.*, 2011; Bossuyt, *et al.*, 2002; Chaideftou *et al.*, 2011), algunos autores sugieren que esto se debe a que en los bosques templados hay un mayor riesgo de muerte en la fase de semilla que en la de plántula (Lambers, *et al.*, 2005), por lo que las especies arbóreas características del bosque han optado por desarrollar diásporas de vida corta y formar bancos de plántulas en lugar de bancos de semillas persistentes, como es el caso de las bellotas de los encinos (Bonfil y Soberón, 1999), ya que sus semillas son muy vulnerables a sufrir una desecación por reducción de la humedad (Sobrino y Casado, 1997) y a la depredación por parte de insectos y mamíferos.

Los grandes porcentajes de especies fanerofitas, hemicriptofitas y criptofitas son típicos de bosque templados (Esmailzadeh *et al.*, 2011), así como la presencia de especies perennes, a diferencia de ambientes áridos y semiáridos donde son más abundantes las especies terofitas y con ciclos anuales, ya que debido al ambiente extremo en que viven, su fuente principal de rebrote son las semillas que producen. Esto es un buen indicador del estado de conservación, ya que nos dice que en el banco se encuentran en su mayoría especies con características adaptadas a bosques templados.

8.3 Factores ambientales

Generalmente se reconocen dos grupos dentro del banco de semillas respecto a sus requerimientos de establecimiento, éstos son los que requieren de aperturas en el dosel y los que no lo necesitan (Jankowska-Blaszczuk y Grubb, 2006). Al primer grupo pertenecen las especies pioneras así como también algunas especies consideradas como indicadoras de perturbación, las cuales forman bancos de semillas persistentes, esperando una apertura del

dosel y la incidencia de luz. La unidad 2 presenta un dosel más abierto que la unidad 1, esto explica que la incidencia de luz sea un factor determinante para una mayor presencia de especies características de vegetación secundaria o indicadoras de perturbación en el banco de semillas.

La inclinación de la pendiente es mayor en la unidad 1 y estuvo relacionada con la presencia de algunas especies en el banco de semillas de esta unidad posiblemente debido a los síndromes de dispersión de las especies, ya que una mayor inclinación en la pendiente beneficia a algunas especies. Por ejemplo, especies como *Salvia mexicana*, *Echeandia mexicana* y *Commelina diffusa* presentan un síndrome de dispersión por esclerocoria, lo que significa que no cuentan con estructuras especializadas para su dispersión, por lo que mediante el rodamiento o la gravedad a través de una pendiente inclinada, podrían alcanzar una mayor distancia en la dispersión y así evitar una mayor competencia con la planta madre y los individuos ya establecidos (Howe y Smallwood, 1982).

La temperatura y la humedad son factores que están estrechamente relacionados con la pérdida y la permanencia de las semillas en el suelo (Thompson y Grimme, 1979), así como con la germinación (Baskin y Baskin, 1998), por lo que era de esperarse que estas variables tuvieran relación con la presencia de algunas especies, dependiendo de si estas producen semillas ortodoxas (tolerantes a desecación y bajas temperaturas) o recalcitrantes (no tolerantes a desecación).

A pesar de que algunos estudios no reportan una influencia significativa del régimen de disturbio sobre las características del suelo, a excepción de la cantidad de materia orgánica (Zobel, *et al.*, 2007), en este estudio se encontró una mayor cantidad de potasio y nitrógeno en la unidad 1. Estos elementos son de gran importancia durante las etapas tempranas en el crecimiento de las plántulas (Fenner, 1987), por lo que una mayor cantidad de estos elementos en la unidad 1 beneficiaría el establecimiento de algunas especies.

8.4 Relación del banco de semillas con la vegetación establecida

La similitud entre el banco de semillas y la vegetación en pie total fue baja, lo cual concuerda con varios trabajos que reportan una baja correspondencia entre estos dos componentes dentro de bosques templados (Thompson y Grime, 1979; Godefroid, *et al.*, 2006); también se tiene reportados valores bajos de similitud entre el banco de semillas y la vegetación establecida de la cuenca del río Magdalena (Martínez-Orea, 2011), para el bosque de *Abies religiosa* (Pizarro-Hernández, 2012) y el bosque de *Quercus* (Solís-Oberg, 2015).

Al analizar por separado las unidades y las temporadas se observa que la unidad 2 en temporada seca presenta una mayor similitud entre la vegetación y el banco de semillas potencial, esto podría explicarse por el hecho de que el banco de semillas generalmente está formado en su mayoría por especies demandantes de luz, mientras que las especies tolerantes a la sombra son escasas (Brown y Oosterhuis, 1981). La unidad 2 presenta una mayor apertura del dosel, lo cual ha permitido que una mayor cantidad de especies de malezas logren germinar y establecerse (Solís-Oberg, 2015), las cuales posteriormente volverán a poblar el banco de semillas. Sin embargo, muchas de estas especies ya establecidas podrían producir semillas con baja duración dentro del banco, lo cual explicaría que durante la temporada seca la disponibilidad de especies sea mayor que durante la de lluvia y por tanto la similitud con la vegetación también sea mayor.

En el análisis de correspondencia canónica (CCA) se observa que sólo la abundancia del banco de semillas fue mayor en la unidad 1 debido a, como se explicó anteriormente, las grandes abundancias de *C. alpina* en esta unidad. Por su parte, la unidad 2 presentó mayores valores de riqueza tanto en el banco de semillas como en la vegetación en pie; esto podría explicarse con la hipótesis del disturbio intermedio que sugiere que la riqueza de especies tiende a aumentar cuando un sitio es sometido a una frecuencia e intensidad intermedia de disturbios (Horn, 1974).

8.5 Comparación del banco inactivo con el banco activo

En el estudio realizado por Solís-Oberg (2015) en las mismas unidades ambientales y en las mismas temporadas, se utilizó la técnica de germinación de plántulas, con lo cual se caracterizó al banco activo. En términos de la riqueza de especies, diversidad y similitud, los resultados fueron coincidentes, con valores mayores dentro de la unidad 2.

Sin embargo, en el banco activo se encontró una mayor abundancia de individuos en la unidad 2 que en la unidad 1 lo cual fue contrario a lo encontrado en el presente estudio. Así mismo, la composición y dominancia de las especies también fueron diferentes, lo cual podría explicar esta diferencia en las abundancias de cada unidad.

Una de las principales diferencias fue que en el estudio del banco activo no se reportó la germinación de *C. alpina*, la cual como se mencionó anteriormente al ser una especie parásita podría requerir de estímulos específicos para llegar a germinar, por lo que sería muy difícil encontrar su presencia mediante el método de germinación de plántulas. Cabe recordar que *C. alpina* fue la especie que presentó mayor abundancia en el banco potencial y que su presencia fue mayor en la unidad 1, por lo que esto explicaría las diferencias entre los estudios respecto a la abundancia total de semillas entre unidades.

La especie *Iresine diffusa* se reporta con grandes abundancias en ambos estudios, lo cual puede significar que es una especie que además de producir una gran cantidad de semillas capaces de enterrarse y posiblemente formar bancos persistentes, tiene un porcentaje de germinación bastante alto, por tanto probablemente sería de las principales especies que aparecerían en caso de que la vegetación establecida fuera destruida.

8.6 Limitaciones del estudio

Para este estudio se utilizó el método de conteo directo de las semillas en lugar del método de germinación, el cual es el más frecuentemente utilizado. En el caso del método de conteo directo, se recomienda realizar pruebas de viabilidad, sin embargo, este estudio no incluye dichas pruebas porque el

objetivo era conocer la abundancia, riqueza y diversidad del banco de semillas potencial o inactivo. Por esto es importante considerar que la cantidad de semillas reportadas podría tener una sobreestimación de las semillas viables, así como una disminución en el número de especies encontradas en cada unidad y temporada.

Otra limitación a este estudio pudo ser el esfuerzo de muestreo, ya que la riqueza y la abundancia de semillas dependerán del número y tamaño de las parcelas muestreadas, así como de la profundidad y cantidad de suelo muestreado, y debido a que sólo se utilizaron 200g del suelo colectado podría haber una subestimación del número de semillas. Así mismo, debido a que no se revisaron muestras de la hojarasca que se encontraba en el suelo de varias de las parcelas podrían no estar considerando muchas de las especies con el potencial de regenerar al bosque.

A pesar de estas limitaciones, los resultados de este estudio son de gran importancia debido a que nos permiten conocer cuáles son las especies que se integran al banco de semillas del suelo y que dependiendo de factores como su viabilidad, germinación y tiempos de latencia, formarán bancos de semillas permanentes o efímeros, pero que de cualquier manera constituyen una de las principales fuentes de regeneración natural del bosque. Sin embargo, este trabajo se debe complementar con estudios que analicen la viabilidad y la longevidad de estas semillas para poder determinar la importancia que pueden llegar a tener estas especies en una futura sucesión del bosque.

9. Conclusiones

El banco de semillas potencial del bosque en general se encuentra dominado por especies indicadoras de perturbación y una especie parásita.

A pesar de tener diferentes grados de conservación, las unidades 1 y 2 del bosque de *Quercus rugosa-Quercus laurina* no presentan diferencias significativas en el número de morfoespecies presentes en el banco de semillas potencial. Sin embargo, en términos de abundancia de semillas y en diversidad sí se observa una diferencia entre ellas.

El CCA reveló que la presencia de algunas especies indicadoras de perturbación en la unidad 2 se relaciona con el porcentaje de luz que incide en el bosque debido a una cobertura más abierta del dosel.

La temporalidad parece no tener efecto en la composición del banco de semillas inactivo, sino únicamente en el número de individuos que se agregan a él.

La similitud de especies entre la vegetación y el banco de semillas fue baja, lo cual es normal según lo reportado para bosques templados maduros.

10. Referencias:

Álvarez K. E. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los Dinamos, Área de conservación Ecológica de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura. Facultad de filosofía y letras UNAM, México.

Ávila-Akerberg, V. D. 2002. La vegetación de la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNMA, México.

Bakker, J.P., Poschlod, P., Strykstra, R.J., Bekker, R.M., K. Thompson. 1996. Seed bank and seed dispersal: important topics in restoration ecology. *Acta Bot. Neerl.* 45: 461-490.

Baskin M. y C. Baskin. 1977. Dormancy and germination in seeds of common ragweed with reference to Beal's buried seed experiment. *Amer. J. Bot.* 64: 1174-1176.

Baskin M. y C. Baskin. 1998. *Seeds. Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination.* Academic press.

Baskin M. y C. Baskin. 2002. New approaches to the study of the Evolution of Physical and Physiological Dormancy, the Two Most common classes of seed dormancy on Earth. En: Nicolas, G., Bradford, K.J., Come, D. y H. W. Pritchard (editores). *The Biology of seeds. Recent Research advances.* CABI publishing. Salamanca, España.

Baskin M. y C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed science research* 14: 1-16.

Bekker, R. M., Verweij, G. L., Smith, R. E. N., Reine, R., Bakker, J. P. y S. Schneider. 1997. Soil seed banks in European grasslands: does land use affect regeneration perspectives?. *Journal of applied ecology* 34: 1293-1310.

Bonfil C. y J. Soberón. 1999. *Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its re-introduction in a disturbed Mexican landscape. Applied vegetation science 2:189-200.

Bossuyt, B., Heyn, M. y M. Hermy. 2002. Seed bank and vegetation composition of forest stands of varying age in central Belgium: consequences for regeneration of ancient forest vegetation. Plant ecology 162: 33-48.

Brenchley, W. E. y K. Warington. 1930. The weed seed population of arable soil: I. Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy. Journal of ecology 2: 235-272.

Brown, A. H. F. y L. Oosterhuis. 1981. The role of buried seed in coppicewoods. Biological conservation 21: 19-38.

Calderón, G., y J. Rzedowsky. 2010. Flora fanerogámica del Valle de México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad e Instituto de ecología A. C. México.

Cano-Salgado, A., Zavala-Hurtado, J. A., Orozco-Segovia, Valverde-Valdés, M. T. y P. Pérez-Rodríguez. 2012. Composición y abundancia del banco de semillas en una región semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y temporal. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 437-446.

Carrillo-Anzures F., Vera-Castillo, G., Magaña-Torres, O., Guldin, J.M. y R. P. Guries. 2009. Seeds stored in the forest floor in a natural stand of *Pinus montezumae* Lamb. rev. Ciencia Forestal en México 34: 41-60.

Chaideftou, E., Thanos, C. A., Bergmeier, E., Kallimanis, A., S., y P. Dimopoulos. 2011. The herb layer restoration potential of the soil seed bank in an overgrazed oak forest. Journal of biological research-Thessaloniki 15: 47-57.

Christoffoleti P.J. y R. Caetano. 1998. Soil seed banks. Sci. agric. 55: 74-78.

Da Silva, K.A., dos Santos, D. M., dos Santos J. M.F.F., de Albuquerque U. P., Ferraz, E M.N. y E. de L., Araújo. 2013. Spatio-temporal variation in seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. Acta Oecologica 46: 25-32.

Decocq, G., Valentin, B., Toussaint, B., Hendoux, F., Saguez, R. y J. Bardat. 2004. Soil seed bank composition and diversity in a managed temperate deciduous forest. *Biodiversity and conservation* 13: 2485-2509.

De Souza-Maia, M.; Maia, F. C. y M.A. Pérez. 2006. Soil seed banks. *Agriscientia XXIII*: 33-44.

Dobler, C. 2010. Caracterización del clima y su relación con la distribución de la vegetación del suroeste del D.F., México. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias. UNAM, México.

Esmailzadeh, O., Hosseini, S. M. y M. Tabari. 2011. Relationship between soil seed bank and above-ground vegetation of a mixed-deciduous temperate forest in northern Iran. *J. Agr. Sci. Tech.* 13: 411-424.

Fenner, M. 1983. Relationships between seed weight, ash content and seedling growth in twenty-four species of Compositae. *New Phytologist* 95: 697-706.

Fenner, M. 1987. Seedlings. En: Rorison I. H., Grime, J. P., Hunt, R., Hendry, G. A. y D.H. Lewis. (editores). *Frontiers of comparative plant ecology*. Academic Press, Londres, pp. 35-47.

Flores S. y N. Dezzeo. 2005. Variaciones temporales en cantidad de semillas en el suelo y en lluvia de semillas en un gradiente bosque-sabana en la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia*: 30(1): 39-43.

Frazer, G.W., Canham, C. D. y K. P. Lertzman. 2000. Gap Light Analyzer (GLA), version 2.00: Image processing software to analyze true color, hemispherical canopy photography. *Bulletin of the ecological society of America* 81: 191-197.

Godefroid, S., Phartyal, S. S. y N. Koedam. 2006. Depth distribution and composition of seed banks under different tree layers in a managed temperate forest ecosystem. *Acta oecologica* 29: 283-292.

Granados, D. y G. López. 2001. *Ecología de poblaciones vegetales*. Universidad Autónoma de Chapingo. 144pp.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Harper, J. 1977. *Population biology of plants*. San Diego: Academic Press.

Hilhorst, H. 1998. A critical update on seed dormancy I. Primary dormancy. *Seed science research* 5: 61-73.

Hopfensperger, K. 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116: 1438-1448.

Horn, H. S. 1974. The ecology of secondary succession. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1974.5:25-37.

Howe H.F. y J. Smallwood. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual review of ecology and systematic* 13: 201-228.

Jankowska-Blaszczuk, M. y P. J. Grubb. 2006. Changing perspectives on the role of the soil seed bank in northern temperate deciduous forests and in tropical lowland rain forests: parallels and contrasts. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematic* 8: 3-21.

Jujnovsky J. 2006. Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. Tesis de maestría UNAM.

Keeley, J. y C. J., Fotheringham. 2000. Role of fire in regeneration from seed. En: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. CAB International. 410 pp.

Lambers. J. H. R., Clark, J. S. y M. Lavine. 2005. Implications of seed banking for recruitment of southern appalachian woody species. *Ecology* 86(1): 85-95.

Leck, M. A., Parker, V.T. y R. L. Simpson. 1989. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego.

López-Toledo, L. y M. Martínez-Ramos. 2011. The soil seed bank in abandoned tropical pastures: source of regeneration or invasion? *Rev. Mex. Bio.* 82: 663-678.

López-Granados, F. y L. García-Torres. 1996. Effects of environmental factor on dormancy and germination of crenate broomrape (*Orobanche crenata*). *Weed science* 44(2): 284-289.

Luzuriaga, A., Escudero, A., Olano, J.M. y J. Loidi. 2005. Regenerative role of seed Banks following an intense soil disturbance. *Acta oecologica* 27: 57-66.

Magurran, A. E. 1998. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.

Martínez-Orea Y. 2011. Lluvia y banco de semillas en el bosque templado de la cuenca del río Magdalena, México D.F. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México.

McCune, B. y M. J. Mefford. 2006. *PC-ORD 5.0. Multivariate analysis of ecological data*. Gleneden Beach, Oregon, USA.

Miao, S. y C.B. Zou. 2009. Seasonal variation in seed bank composition and its interaction with nutrient enrichment in the Everglades wetlands. *Aquatic botany* 90: 157-164.

Montenegro, A., Parra, Y., Mendivelso, H. y O. Vargas. 2006. Potencial del banco de semillas en la regeneración de la vegetación del humedal Jaboque, Bogotá, Colombia. *Caldasia* 28(2): 285-306.

Nava L.M. Z. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D. F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM, México.

Olmsted, N., W. y J. D. Curtis. 1947. Seeds of the forest floor. *Ecology* 28(1): 49-52.

Onaindia, M. y I. Amezaga. 2000. Seasonal variation in the seed banks of native Woodland and coniferous plantations in northern Spain. *Forest ecology and management* 126: 163-172.

Pizarro-Hernández, C. 2012. Relación del banco y lluvia de semillas con la estructura vegetal del bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias. UNAM, México.

Ramírez, N., González, M. y P. Quintana. 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de bosque de pino-encino de los altos de Chiapas, México. Acta Botánica Mexicana 20: 59-75.

Santibañez-Andrade, G, Castillo-Argüero, S. y Y. Martínez-Orea. 2015. Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. Bosque 36(2): 299-313.

Sobrino, E. y E. Casado. 1997. Método rápido de valoración de la viabilidad de bellotas de *Quercus ilex* L. mediante técnicas cromatográficas. Cuadernos de la S. E. C. F. 4: 61-67.

Solís-Oberg, S. 2015. Banco de semillas de malezas y plantas introducidas en dos unidades ambientales del bosque de encinos (*Quercus L.*) de la cuenca del río Magdalena en el Distrito Federal. Tesis de maestría. Facultad de ciencias. UNAM, México.

Teketay, D. y A. Granström, 1995. Soil seed banks in dry Afromontane forests of Ethiopia. Journal of vegetation science 6: 777-786.

Thompson, K. y P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed Banks of herbaceous species in ten contrasting hábitats. Journal of ecology 67: 893-921.

Vásquez-Yanes, C., y A. Orozco-Segovia 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. Annu. Rev. Ecol. Syst. 24: 69-87.

Xiaojun, D., Quifeng, G., Xianming, G. y M. Keping. 2007. Seed rain, soil seed bank, seed loss and regeneration of *Castanopsis fargesii* (Fagaceae) in a subtropical evergreen broad-leave forest. Forest ecology and management 238: 212-219.

Yan Q-L, Zhu J-J y L-Z Yu. 2012. Seed Regeneration Potential of Canopy Gaps at Early Formation Stage in Temperate Secondary Forests, Northeast China. PLoS ONE 7(6): e39502.

Young, K. R., Ewel, J.J. y B. J., Brown. 1987. Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. Vegetatio 71: 157-173.

Zar, J. H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey, EUA.

Zobel, M., Kalamees, R., Püssa, K., Roosalu, E., y M. Moora. 2007. Soil seed bank and vegetation in mixed coniferous forest stands with different disturbance regimes. Forest ecology and management 250: 71-76.

11. Anexos

Cuadro 5. Lista de las especies identificadas en el banco de semillas del bosque de *Quercus rugosa-Quercus laurina* de la cuenca del río Magdalena.

Familia	Especie	Autor	Forma de crecimiento	Ciclo de vida	Forma de vida	Síndrome de dispersión	Maleza
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i>	L.	Arbórea o arbustiva	Perenne	Fanerofita	Sarcocoria	Si
Amaranthaceae	<i>Iresine diffusa</i>	Humb.& Bonpl. ex Willd.	Herbácea	Anual o bienal	Terofita	Sarcocoria	Si
Anthericaceae	<i>Echeandia mexicana</i>	Cruden	Herbácea	Perenne	Criptofita	Esclerocoria	Si
Asteraceae	<i>Eupatorium enixum</i>	B. L. Rob.	Arbustiva	Perenne	Fanerofita	Pogonocoria	No
Asteraceae	<i>Montanoa frutescens</i>	Hemsl.	Arbustiva	Perenne	Fanerofita	Esclerocoria	Si
Asteraceae	<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	Kunth	Herbácea	Perenne	Fanerofita	Ixocoria	Si
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	L.	Herbácea	Anual	Terofita	Esporocoria	Si
Budlejaceae	<i>Budleia cordata</i>	Kunth	Arbórea	Perenne	Fanerofita	Pterocoria	Si
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	Burm.f.	Herbácea	Perenne	Hemicriptofita	Esclerocoria	Si
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Mill.	Arbórea	Perenne	Fanerofita	Pterocoria	Si
Crassulaceae	<i>Sedum sp.</i>	-	-	-	-	-	-

Familia	Especie	Autor	Forma de crecimiento	Ciclo de vida	Forma de vida	Síndrome de dispersión	Maleza
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	L.	Herbácea	Perenne	Criptofita	Esclerocoria	Si
Cyperaceae	<i>Carex sp.</i>	-	Herbácea	Perenne	Criptofita	Esclerocoria	No
Fabaceae	<i>Trifolium amabile</i>	H.B.K	Herbácea	Perenne	Hemicriptofita	Esclerocoria	Si
Garryaceae	<i>Garrya laurifolia</i>	Benth.	Arbórea	Perenne	Fanerofita		No
Geraniaceae	<i>Geranium seemani</i>	Peyr.	Herbácea	Perenne	Hemicriptofita	Esclerocoria	Si
Lamiaceae	<i>Salvia tillifolia</i>	Vahl	Herbácea	Anual	Hemicriptofita	Esclerocoria	Si
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i>	L.	Herbácea	Perenne	Hemicriptofita	Esclerocoria	Si
Orobanchaceae	<i>Conopholis alpina</i>	Liebm.	Herbácea	Perenne	Parásita	Esporocoria	No
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i>	Sims.	Herbácea	Perenne	Camefita	Sarcocoria	Si
Piperaceae	<i>Peperomia campylotropa</i>	Hill.	Herbácea	Perenne	Criptofita	Esporocoria	Si
Rhamnaceae	<i>Ceanothus coeruleus</i>	Lag.	Arbustiva	Perenne	Fanerofita	Sarcocoria	No
Rosaceae	<i>Potentilla haematochrous</i>	Lehm.	Herbácea	Perenne	Hemicriptofita	Esporocoria	No
Rosaceae	<i>Prunus serótina</i>	Ehrh.	Arbórea	Perenne	Fanerofita	Sarcocoria	Si

Familia	Especie	Autor	Forma de crecimiento	Ciclo de vida	Forma de vida	Síndrome de dispersión	Maleza
Rosaceae	<i>Rubus liebmanii</i>	Focke	Arbustiva	Perenne	Criptofita	Sarcocoria	No
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>	Schltl.	Herbácea	Perenne	Fanerofita	Pterocoria	Si
Solanaceae	<i>Physalis coztomatl</i>	Dunal	Arbustiva	Perenne	Hemicriptofita	Sarcocoria	Si
Solanaceae	<i>Cestrum thyrsoideum</i>	Kunth	Arbustiva	Perenne	Fanerofita	Sarcocoria	No
Solanaceae	<i>Cestrum anagyris</i>	Dunal	Arbustiva	Perenne	Fanerofita	Sarcocoria	No
Solanaceae	<i>Solanum cervantesii</i>	Lag.	Arbustiva	Perenne	Fanerofita	Sarcocoria	No

Cuadro 6. Valores de las variables ambientales y químicas del suelo por parcela de muestreo. S1= Unidad 1-Temporada seca; L1= Unidad 1-Temporada lluviosa; S2= Unidad 2-Temporada seca; L2= Unidad 2-Temporada lluviosa; P= Parcela; CE= Conductividad eléctrica; M.O.= Materia orgánica; N= Nitrógeno; P= Fósforo; K= Potasio.

Tratamiento	Altitud	Pendiente	Orientación	%LuzTOT	pH	CE	M.O.	N	P	K
S1P1	2774	45	SW	11,52	6,1	0,9	25,5	0,53	8	1,7
S1P2	2800	50	NW	19,08	6,5	0,2	33,2	0,84	29	1,5
S1P3	2822	46	NW	11,68	5,9	0,9	22,8	0,61	5	1,3
S1P4	2843	55	W	22,01	6,2	2,7	37,0	0,78	20	1,4
S1P5	2850	59	W	18,28	6,3	2,1	29,7	0,68	17	1,3
S1P6	2831	45	NW	18,97	5,9	0,6	17,0	0,52	2	1,4
S1P7	2821	49	W	21,45	5,7	0,7	23,8	0,54	12	1,5
S1P8	2815	55	SW	20,93	6,0	0,2	28,3	0,72	20	1,3
S1P9	2771	39	NW	16,13	6,0	0,3	13,8	0,45	3	0,9
S1P10	2780	52	NW	12,72	6,6	0,2	16,4	0,52	11	1,7
S1P11	2783	57	W	17,69	5,9	1,7	34,2	0,67	4	1,5
S1P12	2784	55	W	20,61	5,9	0,5	19,2	0,58	3	1,3
S1P13	2782	50	NE	19,29	5,8	1,0	19,9	0,53	4	1,3
S1P14	2827	57	E	20,81	6,2	0,3	18,5	0,54	3	1,2
S1P15	2792	47	N	14,03	5,9	0,9	26,8	0,83	19	1,2
L1P1	2774	45	SW	11,52	6,0	0,3	19,3	0,41	7	1,2
L1P2	2800	50	NW	19,08	6,7	0,7	33,2	0,99	49	1,7
L1P3	2822	46	NW	11,68	6,7	0,2	26,9	0,60	9	1,5
L1P4	2843	55	W	22,01	6,5	0,3	29,4	0,67	8	1,4
L1P5	2850	59	W	18,28	6,7	0,3	19,3	0,49	14	1,5
L1P6	2831	45	NW	18,97	6,2	0,3	29,0	0,70	5	1,5

Tratamiento	Alt	Pend	Orienta	%LuzTOT	pH	CE	M.O.	N	P	K
L1P7	2821	49	W	21,45	6,5	0,3	22,4	0,55	9	1,5
L1P8	2815	55	SW	20,93	6,3	0,2	17,9	0,53	13	1,4
L1P9	2771	39	NW	16,13	6,0	0,2	14,7	0,43	6	0,7
L1P10	2780	52	NW	12,72	6,5	0,2	21,7	0,61	28	2,3
L1P11	2783	57	W	17,69	6,5	0,3	27,6	0,72	6	1,8
L1P12	2784	55	W	20,61	6,3	0,0	20,8	0,64	6	1,4
L1P13	2782	50	NE	19,29	6,3	0,2	21,5	0,60	7	1,2
L1P14	2827	57	E	20,81	6,3	0,4	20,6	0,62	6	1,1
L1P15	2792	47	N	14,03	6,6	0,1	26,2	0,66	20	1,3
S2P1	2837	27	E	34,6	5,8	0,6	14,8	0,32	3	1,0
S2P2	2911	34	NE	34,93	5,5	0,6	17,6	0,49	4	1,5
S2P3	2894	19	NE	22,37	6,0	0,9	26,6	0,65	4	1,2
S2P4	2886	21	N	15,41	5,8	0,8	11,1	0,44	7	0,8
S2P5	2912	8	NE	11,36	5,7	0,6	14,8	0,40	7	0,8
S2P6	2880	53	NE	25,85	6,2	0,7	15,0	0,47	10	1,1
S2P7	2867	29	SE	28,83	5,9	1,0	18,8	0,54	14	1,2
S2P8	2843	22	N	25,53	5,5	0,5	7,1	0,29	16	1,5
S2P9	2600	39	NE	24,25	6,2	1,0	22,2	0,48	7	1,1
S2P10	2817	45	N	17,84	6,1	0,2	21,9	0,34	6	0,9
S2P11	2800	48	NW	27,2	6,5	0,3	25,8	0,54	7	1,0
S2P12	2884	49	SE	22,93	6,1	1,6	24,2	0,79	13	1,8
S2P13	2748	37	SE	21,56	6,3	1,2	18,9	0,59	4	1,5
S2P14	2798	23	SE	28,66	6,1	0,2	11,9	0,28	5	1,4
S2P15	2792	51	SE	20,29	6,4	1,1	10,5	0,36	4	1,9
L2P1	2837	27	E	34,6	5,8	0,1	13,0	0,27	3	0,5
L2P2	2911	34	NE	34,93	6,0	2,2	16,4	0,38	2	1,2
L2P3	2894	19	NE	22,37	6,0	0,4	18,9	0,43	4	1,0

Tratamiento	Alt	Pend	Orienta	%LuzTOT	pH	CE	M.O.	N	P	K
L2P4	2886	21	N	15,41	6,3	0,1	13,7	0,39	4	0,6
L2P5	2912	8	NE	11,36	6,2	0,1	14,1	0,32	5	0,7
L2P6	2880	53	NE	25,85	6,5	0,5	18,9	0,54	-1	0,9
L2P7	2867	29	SE	28,83	6,7	0,3	11,3	0,34	6	0,9
L2P8	2843	22	N	25,53	6,1	0,2	8,2	0,26	7	0,5
L2P9	2600	39	NE	24,25	6,4	0,5	18,2	0,38	4	1,6
L2P10	2817	45	N	17,84	6,5	0,4	18,9	0,51	6	1,2
L2P11	2800	48	NW	27,2	6,5	0,4	23,8	0,52	4	1,0
L2P12	2884	49	SE	22,93	6,7	0,4	22,4	0,52	8	1,3
L2P13	2748	37	SE	21,56	6,5	0,6	28,8	0,63	6	1,3
L2P14	2798	23	SE	28,66	6,4	0,2	16,3	0,33	2	1,5
L2P15	2792	51	SE	20,29	6,7	0,3	23,4	0,34	7	1,7