



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**Estructura del dosel y regeneración natural del bosque de
Abies religiosa (H.B.K.) Schl. & Cham. en la cuenca del río
Magdalena, Ciudad de México**

T E S I S
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O

PRESENTA:

ALDANA BARRIOS JOSÉ LUIS DANIEL

Directora de tesis:
Dra. Silvia Castillo Argüero,
Facultad de Ciencias, UNAM

Asesor Interno:
Dr. Arcadio Monroy Ata
FES-Zaragoza, UNAM



Cd. Mx.

septiembre 2019



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.**

Comunico a usted que el alumno **ALDANA BARRIOS JOSÉ LUIS DANIEL**, con número de cuenta **308025327**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **17 de septiembre de 2019** a las **13:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE M. en C. GERMÁN CALVA VÁSQUEZ

VOCAL Dra. SILVIA CASTILLO ARGÜERO*

SECRETARIO Dr. ARCADIO MONROY ATA

SUPLENTE Dr. EFRAÍN REYES ÁNGELES CERVANTES

SUPLENTE M. en C. JUAN MANUEL VALDERRÁBANO GÓMEZ

El título de la tesis que presenta es: **Estructura del dosel y regeneración natural del bosque de *Abies religiosa* (H.B.K) Schl. & Cham. en la cuenca del Río Magdalena, Ciudad de México.**

Opción de titulación: Tesis

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad de México, a 16 de agosto de 2019

DR. VICENTE JESUS HERNÁNDEZ ABAD
DIRECTOR
ZARAGOZA
DIRECCIÓN

V.O. BO.
Dr. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ
JEFE DE CARRERA

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

Agradecimientos Académicos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme estudiar en sus aulas y laboratorios, a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por la formación como biólogo, y a la Facultad de Ciencias donde me forjé como biólogo.

A mi directora de tesis Dra. Silvia Castillo Argüero por ayudarme a ser mejor biólogo y persona, a mi asesor interno Dr. Arcadio Monroy Ata, a los sinodales: M. en C. Germán Calva Vásquez, Dr. Efraín Reyes Ángeles Cervantes, M. en C. Juan Manuel Valderrábano Gómez.

A la M. en C. Yuriana Martínez Orea, a la M. en C. Leticia Bonilla Valencia, a la M. en C. Yazmín Vásquez Santos, al Biol. Gustavo Tovar Bustamante por los comentarios, correcciones y discusiones dentro del Taller. Al Biol. Marco Romero por el apoyo técnico en las bases de datos. Al Dr. Rodolfo Salas Licona, gracias por los comentarios, correcciones y las charlas interminables de coníferas internaciones.

A la Biol. Lesli Figueroa, Biol. Georgina Ruiz, y Mitzi Rosales por la ayuda en el muestro en campo.

A la Doctora Rosa María Fonseca por el apoyo en la determinación de los *Pinos* spp y a Diego Anzo por la ayuda en la determinación de los *Pinos* sp y *Cestrum anagiry*s encontrados en el área de estudio.

A la beca de titulación: Ecología de la vegetación secundaria y los hongos como indicadores de conservación de un bosque templado en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

A los proyectos PAPIIME PE201817 “Ecología de la vegetación secundaria y los hongos como indicadores del estado de conservación de un bosque templado de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México” y IN21118PAPIIT “Efecto de los disturbios antrópicos en la diversidad funcional en un bosque dentro de la Ciudad de México a cargo de la Dra. Silvia Castillo- Argüero.

Agradecimientos Personales:

A mi mamá María Rosminda Barrios Silva que es la mujer más trabajadora que conozco, que sacado a toda una familia adelante, que me ha enseñado que todo se puede lograr a base de trabajo, esfuerzo y dedicación, gracias por aceptarme y amarme a pesar de todo, amá este logro es para ti, te amo. A mi padre José Luis Aldana Santín por acompañar a mi mamá, a mi hermana, Diana Aldana, por estar ahí, por los buenos momentos de niños.

A mi sol, mi luna y mis estrellas, Amélie, por sus risas y abrazos que siempre son la luz en los días más tenebrosos de la vida.

A Silvia Castillo, ¡gracias por los regañones! (risas), muchas gracias por abrirme las puertas del laboratorio e incluirme en tu equipo de trabajo, por recibirme con mi caja de cartón llena de esperanzas de trabajar con los bosques templados y mil gracias por contagiarme la pasión por la investigación.

A mis compañeros del laboratorio de Dinámica de Comunidades, Yuri (Pimpolla), Lety, Yas, Carmina, Tania, Vero, Nadia, Ana Laura, Sam, Bere, Gus, Adrián, Camila, gracias por los comentarios en los seminarios, las pláticas y risas dentro del laboratorio, a la hora del “receso” y en campo.

A los chemos, Liz, Lesli, Edgar, Veto, Geo, Mari, Fera, Magaly, Emilio de la FES Zaragoza, por los momentos inolvidables a lo largo de la carrera, dentro de la choza, las banquitas o las sumergidas.

A mis amigos de la vida, gracias por los consejos, las jaladas de orejas, las risas que son mi motor de vida, Lau, Mañu, Rachelle, Omar, Carmen, Páez, al ñero, Al, gracias por ayudarme a volar de la FES y así descubrir que hay un mundo afuera esperando a que lo devore.

Finalmente, a gracias a todos los que voluntariamente e involuntariamente estuvieron involucrados en este trabajo ya sea con preguntas como “¿y la tesis?”, asilos cerca de C.U., cafés, y pláticas de desestrés.

¡GRACIAS!



En el bosque nunca hay silencio ...

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Boques templados en México.....	1
1.2 Bosque de <i>Abies religiosa</i>	2
1.3 Estructura del dosel	3
1.4 Regeneración natural	4
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. OBJETIVOS	6
4. HIPÓTESIS	6
5. MATERIALES Y MÉTODOS	7
5.1 Área de estudio.....	7
5.2 Descripción de <i>Abies religiosa</i>	8
5.3 Trabajo en campo.....	9
5.4 Registro de datos de estructura arbórea	10
5.5 Cuantificación de la regeneración natural.....	10
5.6 Obtención de los parámetros ambientales	11
5.7 Obtención de los parámetros antrópicos	13
5.8 Análisis de las variables cuantitativas de la vegetación	13
6. RESULTADOS	15
6.1 Estructura arbórea y regeneración natural del bosque de <i>Abies religiosa</i>	15
6.2 Intervalos de altura	18
6.3 Intervalos de área basal	20

7. ANÁLISIS DE DATOS	21
7.1 Correlación área basal y altura	21
7.2 Resumen estructural de las especies del bosque de <i>Abies religiosa</i>	22
7.3 Evaluación de la regeneración de <i>Abies religiosa</i> cuantificando plántulas y su relación con la estructura arbórea	25
7.4 Análisis de Correlación Canónica (CCA) de variables de estructura, regeneración y valores ambientales.....	26
7.5 Análisis de Correlación Canónica (CCA) de variables de estructura, regeneración y de variables disturbio antrópico.....	29
8. DISCUSIÓN	31
9. CONCLUSIONES	36
10. LITERATURA CITADA	37

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Figura 1. Ubicación de los tres sitios de muestreo y las parcelas, dentro del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

Figura 2. Estadios de vida de *Abies religiosa* estudiados en este trabajo: A) Plántulas, B) brinzal y C) Latizal.

Figura 3. A) Número de individuos arbóreos, B) Número de individuos en los diferentes estadios (plántulas, brinzales, latizales) y cotas altitudinales en las parcelas muestreadas del bosque de *Abies religiosa*.

Figura 4. Número de individuos presentes en cada uno de los intervalos de altura.

Figura 5. Número de individuos en cada uno de los intervalos de alturas de los árboles en cada una de las parcelas muestreadas en los sitios estudiados.

Figura 6. Distribución de los individuos en los tres intervalos delimitados de área basal del bosque de *Abies religiosa*.

Figura 7. Número de individuos por intervalo basal en las parcelas de estudio.

Figura 8. Correlación de entre área basal y altura de los arboles muestreados.

Figura 9. Correlaciones del área basal, número de plántulas, brinzales y latizales en los diferentes sitios y parcelas muestreados.

Figura 10. Análisis de Correlación Canónica de las variables de estructura y variables ambientales.

Figura 11. Análisis de correlación canónica de las variables de estructura y regeneración con las variables de disturbio antrópico.

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

Cuadro 1. Número de especies presentes en el estrato arbóreo de los sitios muestreados del bosque de *Abies religiosa* en la Cuenca del río Magdalena.

Cuadro 2. A continuación se describen los datos obtenidos para las variables estructurales obtenidas en campo, especies, individuos, altura, área basal

Cuadro 3. Resultados del CCA de variables estructurales, regeneración y de variables de disturbio antrópico.

Cuadro 4. Resultados del CCA de variables estructurales, regeneración y de variables de disturbio antrópico. Los valores de los ejes y la correlación de especie-ambiente basado en 998 operaciones aleatorizadas.

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro 5. Variables físicas y ambientales en las diferentes parcelas estudiadas.

Anexo 2. Cuadro 6. Datos de disturbios

Anexo 3. Cuadro 7. Número de plántulas, brinzales y latizales encontrados en los tres cuadros de 3X3 m delimitados en cada una de las parcelas y el número árboles encontrados en las parcelas de 625 m².

RESUMEN

La cuenca del río Magdalena constituye un remanente de bosque templado en la Ciudad de México, presenta una alta heterogeneidad biótica y abiótica la cual está constantemente expuesta a disturbios naturales y antropogénicos, los cuales repercuten en la estructura arbórea y en la regeneración natural de *Abies religiosa* que es la especie dominante del bosque.

Estudiar la regeneración natural que es el proceso de repoblamiento de esta especie en zonas que presentan diferentes intensidades de perturbación y que presentan diferentes condiciones ambientales permiten dilucidar cuales son las variables benéficas para el establecimiento de sus diferentes estadios de vida. En este estudio se delimitaron 15 parcelas de 25X25 m², donde se determinó la biomasa en pie a través del diámetro a la altura del pecho (DAP), se realizó un conteo de brinzales y latizales, en temporada de lluvias y secas se realizó un conteo de plántulas. En cada parcela se tomaron datos ambientales y de disturbio antrópico.

Se encontraron 12 especies con hábitos arbóreos y la riqueza de especies mostró una tendencia positiva con las altitudes medias y bajas. Se observó que el área basal en individuos adultos fue menor en las parcelas que se muestrearon a mayor altitud.

La presencia de plántulas fue mayor en zonas donde se presentaron arboles con área basal grande, así como una altitud por debajo de los 3200 m s.n.m; Las variables de disturbio que mostraron un mayor efecto sobre la regeneración fueron los rastros de incendios, así como la densidad aparente, por lo anterior se concluye que los disturbios antropogénicos en el bosque de *Abies religiosa* tienen un efecto negativo en las zonas que presentan un mayor número de plántulas, por lo que probablemente la heterogeneidad ambiental mantiene la regeneración, la cual según este estudio se da en parches ya que en el bosque existen zonas donde la presencia de plántulas es alta, lo cual nos indicaría una buena regeneración, este estudio también nos proporciona cuales factores y bajo qué condiciones se pueden establecer estrategias de manejo adecuado.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Bosques templados en México

Los bosques son comunidades vegetales dominadas principalmente por especies arbóreas, con la presencia de un estrato conformado por especies arbustivas y herbáceas dependiendo de la altitud y latitud del bosque (González Medrano, 2014). Según Rzedowski, J. y colaboradores (2006) existen siete tipos de bosques en México, los cuales deben su establecimiento a diferentes condiciones ambientales como pueden ser la temperatura, humedad, precipitación y a condiciones geográficas como altitud, latitud, tipo de suelo, etc.

Uno de los más importantes es el bosque templado que cubre el 16 % del territorio nacional, son ecosistemas montañosos ubicados en zonas con temperaturas templado-frías en las cordilleras de México (Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre del Sur y la Faja Volcánica Transmexicana) donde predominan las especies de los géneros, *Pinus*, *Abies* y *Quercus* (Rzedowski *et al.*, 2006; Challenger, 2008, Solís Sánchez *et al.*, 2018).

En el país, factores como la topografía, historia biogeográfica, clima, tipo de suelo y orientación de la ladera han dado como resultado la convergencia de especies vegetales de diferentes afinidades (neártica y neotropical) junto a una marcada temporalidad de la estación lluviosa, que establecen una alta heterogeneidad ambiental (Miranda y Hernández-X, 1963; Morrone, 2005; Challenger, 1998) que favorece la biodiversidad de estos ecosistemas.

Los bosques mexicanos ayudan a la conservación de la biodiversidad ya que albergan gran cantidad de especies animales y vegetales, así mismo tienen una gran importancia por los servicios ambientales que proporcionan, algunos de éstos son la recarga de los mantos acuíferos, mitigación de la contaminación ambiental, reservorio de CO₂, disminución de la erosión ya que reducen la velocidad del agua que escurre desde el parteaguas y también por las raíces contenidas en el suelo, además tienen un alto interés, social y cultural (Sánchez *et al.*, 1991; Maini, 1992; Fernández *et al.*, 2002; Solís Sánchez *et al.*, 2018).

Actualmente los bosques templados están sujetos a diferentes actividades antrópicas (Sánchez-Colón, 2009) que han provocado la pérdida de grandes extensiones de bosques, algunas de ellas son: la tala ilegal, incendios provocados, sobre explotación de los recursos naturales, cambio de uso de suelo con fines agrícolas, de pastoreo y para asentamientos humanos, así como la contaminación del suelo y el aire, estas actividades en conjunto provocan un cambio negativo en la estructura, composición y función de estas comunidades vegetales (Maini, 1992; Challenger, 1998; Rzedowski *et al.*, 2005; Almeida – Leñero, 2007).

1.2 Bosques de *Abies religiosa*

Dentro de los tipos de vegetación que forman parte de los bosques templados, los que están conformados por el género *Abies* tienen una distribución muy amplia en el norte del continente americano. Concretamente para México se pueden encontrar ocho especies y cinco variedades de las cuales seis son endémicas del país. Una de estas especies es *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. & Cham., especie que fue clasificada en 1817 por Humbolt y Bonpland y que cuyo nombre actual fue acuñado en 1830 por Schlenchtendahl y Chamisso en 1830 (Madrigal, 1967; Farjon, 1990).

Los bosques de *A. religiosa* se desarrollan en altitudes que van desde los 2,400 y 3,500 m s.n.m., con pendientes variables y laderas agudas de más de 45° de inclinación (Rzedowski, 1978, Ávila-Akerberg, 2002). Tienen una distribución restringida en la zona subhúmeda de México entre las coordenadas 17°30' y 21°00' N y entre 97°00' y 104° 00' W, entre los estados de Hidalgo, Puebla, Estado de México, Veracruz, Michoacán, Guerrero y Tlaxcala lo cual la convierte en una especie endémica de la parte centro de la República, (Manzanilla, 1974, Rzedowski, 1977). A esta zona de le conoce como el Faja Volcánica Transmexicana donde *A. religiosa* se encuentra asociado con varias especies de *Pinus* y *Quercus* (Rzedowski, 1977).

Las áreas continuas de mayor extensión de bosque de *A. religiosa* se encuentran en las serranías que rodean a la cuenca del Valle de México, estos se encuentran restringidos a laderas de cerros, lo cual les confiere una protección de los vientos y la insolación. En

muchos sitios se hallan limitados a cañadas o barrancas más o menos profundas que ofrecen un microclima específico (Rzedowski, 2006; Santibáñez-Andrade, 2009).

Así mismo, estos bosques circundantes del Valle de México se encuentran rodeando uno de los más grandes complejos urbanos del mundo, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, la cual desde tiempos precolombinos ha sufrido perturbaciones antropogénicas, las cuales han dado como resultado cambios en la composición y estructura de estas comunidades vegetales circundantes (Ferrusquía, 1998; Sánchez y López-Mata *et al.* 2005; Rzedowski, 2006; Challenger, 2008; Zetina, 2010).

1.3 Estructura del dosel

Uno de los atributos más importantes en los ecosistemas es la estructura, la cual consiste en el tipo de ordenamiento espacial y temporal de los elementos que los constituyen (Aguirre, 2002). En el caso de la estructura del dosel, está dada por la disposición espacial y forma de los órganos aéreos, los cuales pueden determinar patrones en los que las comunidades vegetales se pueden distribuir, tanto vertical como horizontalmente y para representarlas se utilizan valores de abundancia, dominancia, frecuencia relativa, área basal, clases de tamaño, edad, composición de especies etc. (Matteucci y Colma, 1982; Norman y Campbell, 1989; Martínez-Vela, 2010).

La estructura vertical, está conformada por el conjunto de capas de los árboles que componen el dosel, encontrándose en diferentes categorías de altura presentes en el sitio (Zarco- Espinosa *et al.*, 2010). La forma en que se encuentran los diferentes estratos está relacionada con factores microclimáticos, gradientes ambientales y de disturbio, que con el tiempo han modificado la composición y la distribución de las especies (Remmert, 1991).

Los disturbios naturales o antrópicos que se presentan en los ecosistemas mantienen en constante cambio la estructura del dosel (Spies y Franklin, 1989; Pham *et al.*, 2004; Worrall *et al.*, 2005). La discontinuidad en el dosel debido a disturbios, puede alterar la cantidad y tipo de luz que se filtra en la copa de las distintas especies arbóreas, propiciando un cambio en las características del microclima presente en el sotobosque, como la temperatura del aire la humedad relativa, además de la temperatura y el contenido hídrico del suelo (Carabelli *et al.* 2006). Estos disturbios pueden incidir en diferentes procesos que

ocurren en el bosque, como el banco de semillas, la lluvia de semillas y la regeneración natural.

1.4 Regeneración natural

La regeneración natural es una serie de procesos dinámicos, por la cual nuevos individuos se incorporan a las poblaciones forestales (Serrada Hierro, 2003). Ésta promueve la recuperación de la funcionalidad, estructura y complejidad de las comunidades y ecosistemas (Brandani y Orians, 1988).

La regeneración sucede en una secuencia de etapas, desde la provisión de diásporas en la lluvia de semillas, el almacenamiento de las mismas ya sea en banco de semillas o en la superficie del suelo, y la germinación, que da como resultado el establecimiento de nuevos individuos. (Hawley y Smith; 1982; Young *et al.*, 1987; Serrada, 2003; Cristiane, 2012; Martínez- Orea *et al.*, 2013). La regeneración natural no finaliza hasta que las plántulas se han establecido, dando paso a brinzales y latizales, árboles jóvenes que pueden crecer y formar parte de la vegetación del dosel. Dependiendo de las condiciones estos nuevos árboles pueden tener un crecimiento rápido, lento o ser suprimidos por la vegetación arbórea dominante (Hawley y Smith, 1972; Castelán, 2003).

Los factores que influyen en el proceso de regeneración se pueden dividir principalmente en dos abióticos y bióticos. Los primeros comprenden la disponibilidad de agua que está influenciada por la precipitación, la humedad del suelo y la atmosférica, la temperatura, la intensidad lumínica, la orientación de las laderas y la topografía, el tipo de suelo, así como la cantidad de nutrientes presentes en el (Grubb, 1977; Oliver y Larson, 1996; Pérez, 2006; Viera y Scariot, 2006; Carlón-Allende *et al.* 2015). Los segundos están relacionados con el tipo de dispersión, la dinámica demográfica, la herbívora, esta última contempla a las plántulas y a las semillas (Serrada, 2003; Vierira y Scariot, 2006).

Algunos de los recursos necesarios para el desarrollo de la regeneración son controlados por los árboles adultos. Los cuales promueven el depósito de materia orgánica al sufrir algún disturbio, como puede ser la caída de uno o varios árboles por incendios, tormentas o deforestación, estos nutrientes propician el proceso regenerativo (Manzanilla, 1974).

2. JUSTIFICACIÓN

Los bosques templados son sistemas complejos en estructura, composición y función, que mantienen diferentes bienes y servicios para el desarrollo humano (Messier *et al.*, 2013). Cabe mencionar que en estos ecosistemas diferentes actividades antrópicas, como la ganadería y la deforestación, ponen en riesgo el mantenimiento de los procesos de regeneración natural, a través de los cuales, se promueven la recuperación de sus componentes después de un disturbio (Challenger y Soberon, 2008; Ghazoul *et al.*, 2015). Dado que, la pérdida de especies características, así como el establecimiento de especies arbustivas o herbáceas categorizadas como malezas (especies nativas como introducidas, con atributos tolerantes a la perturbación), frecuentemente modifican y obstruyen los procesos de regeneración natural (Richardson *et al.*, 2000; Mayfield *et al.*, 2010).

En los bosques templados de México el deshierbe manual, ha promovido una mayor presencia de malezas herbáceas, tanto nativas como introducidas, que con el tiempo han dominado el sotobosque y han restringido la disponibilidad de sitios seguros para la germinación de muchas especies características y su regeneración natural (Martínez-Orea *et al.*, 2013; 2019).

Entender los factores relacionados con la regeneración ayudará a la preservación de los bosques de *A. religiosa* de la cuenca del río Magdalena, un bosque que es uno de los pocos pulmones dentro de la Ciudad de México, y que es de suma importancia por los servicios ecosistémicos que ofrece, como la captura, almacenamiento y liberación de carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y degradación de materia seca (Tipper, 1998), la provisión de agua, tanto superficial como subterránea (Jujnovsky *et al.*, 2010). Por lo que evaluar la estructura arbórea permitirá, entender la forma en que los individuos se distribuyen en el ecosistema, determinar si existe un efecto de los disturbios antrópicos y naturales que pueden influir en la regeneración natural, así como en la abundancia y composición arbórea. Así mismo este trabajo pretende contribuir a la importancia que tiene el proceso de regeneración natural en los bosques templados y su importancia en la resiliencia de estos para que se establezcan mejores estrategias de manejo y conservación.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la estructura arbórea del bosque de *A. religiosa* y su regeneración natural en la cuenca del río Magdalena y determinar en qué condiciones ambientales hay una regeneración natural y bajo qué condiciones de disturbio antrópico hay un efecto en esta regeneración.

Objetivos particulares

Describir la estructura arbórea del bosque de *A. religiosa* en tres sitios con diferentes cotas altitudinales a través de sus variables dasonómicas.

Comparar la estructura arbórea de los diferentes sitios con variables ambientales y de disturbio antrópico.

4. HIPÓTESIS

Evaluar la regeneración de *A. religiosa* en los tres sitios de estudio mediante la cuantificación de plántulas, brinzales y latizales, para conocer su relación con la estructura arbórea. El incremento y desarrollo de actividades como el ganado intensivo y la deforestación han provocado una pérdida de la vegetación y su función en los ecosistemas, por lo que se espera que en los sitios más alejados al área urbana de la Ciudad de México tengan menor perturbación y complejidad en su estructura arbórea junto con una mayor regeneración natural, evidenciando así una relación entre la estructura, incidencia de disturbio y establecimiento de plántulas de *A. religiosa* del bosque templado de la cuenca del Río Magdalena.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

La cuenca del río Magdalena (CRM) conocida coloquialmente como “Los Dinamos”, comprende aproximadamente un 4% del suelo de conservación de la Ciudad de México (Almeida- Leñero *et al.*, 2007). Dentro de ésta se encuentran las alcaldías Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa, mismas que limitan también al este con el municipio de Ocoyoacac, territorio del Estado de México. La cuenca tiene como coordenadas geográficas 19° 13'53" y 19° 18'12" N y 99° 14'50" y 99° 20' 30" W, y una extensión aproximada de 3000 hectáreas, Es una zona que presenta un relieve montañoso de origen volcánico que comprende parte de la Sierra de las Cruces, dentro de la Faja Volcánica Transmexicana. Topográficamente va de los 2450 m snm en el NE hasta los 3850 m snm en el SW (Álvarez-Román, 2000; Santibáñez-Andrade, 2009), a lo largo de los cuales sigue su curso el río Magdalena con un volumen permanente de 1 m³s⁻¹ aproximadamente, el cual funge como fuente de abastecimiento de agua potable administrando aproximadamente el 2% del recurso hídrico para la Ciudad de México (CNA, 1997; Almeida-Leñero *et. al.*,2007).

La distribución de la vegetación en la CRM está influenciada por múltiples factores ambientales, entre los cuales destacan el relieve, el clima, el suelo y las condiciones de humedad del suelo. (Galena-Pizaña y Ordoñez-Díaz, 2008). De este componente biótico, se pueden distinguir tres comunidades principales: 1) *Quercus rugosa*- *Q. laurina* (encinar) a una altitud menor 2,700 m snm en un clima templado subhúmedo C(W2)(W)(b)i y temperatura media de entre 12 y 18 °C; 2) *Abies religiosa* (oyamel) distribuido entre 2,700 y 3200 m snm, en un clima semifrío húmedo Cb(w2)(w)(b)i con temperatura promedio anual de 5 a 12°C; 3) *Pinus hartwegii* (pino u ocote) a una altitud mayor, entre 3,300 y 3,500 m snm, con clima semifrío húmedo Cb'(w)(b)i' y una temperatura media anual de entre 6 y 10 °C (Ávila-Akerberg, 2002).

El presente trabajo se realizó el estudio en el bosque de *Abies religiosa* el cual tiene un tipo de suelo Andasol húmico, que tiene como característica en su superficie una capa color oscuro o negro, rica en materia Orgánica (INEGI, 2004).

5.2 Descripción de *Abies religiosa*

La especie *Abies religiosa* conocida comúnmente como oyamel, es un árbol corpulento, resinoso, siempre verde (perennifolio), es monoico, con una altura de 30 a 40 m y troncos con diámetros que van de 40 cm 150 cm. (Madrigal 1967; Rzedowski *et al* 2005). Su fuste es recto, de forma cónica, presenta ramas ligeramente ascendentes y verticiladas, con copa densa, simétrica y aguda (Luna, 2002). Sus hojas son alternas, de 20 a 30 mm de largo por 1.5 mm de ancho, ápice agudo y corneo, de color verde oscuro en el haz y glaucas en el envés. Las inflorescencias masculinas son oblongas, de 12 a 14 mm de largo por 5 mm de ancho, de color violáceo y se desarrollan en la parte media e inferior del árbol (Luna, 2002; Rzedowski *et al.* 2005). Los estróbilos femeninos se producen en el tercio superior de la copa, en los extremos de las ramas; tienen forma de conillos subcilíndricos y blandos de 7cm de largo, con brácteas rojizas (Luna, 2002; Nieto de Pascual, 2004).

Las estructuras reproductivas masculinas y femeninas aparecen desde el mes de diciembre, la fructificación se presenta de noviembre a enero, y la dispersión de las semillas ocurre entre marzo y abril. Aunque es una especie que se considera de reproducción anual, requiere de un periodo de dos años para completar su ciclo reproductor (Madrigal, 1967; Nieto de Pascual, 2004).

Las semillas son resinosas, de forma cuneado-oblonga a ovoide, de 9 a 10 mm de largo por 5mm de ancho, lisas color castaño brillante, provistas de un ala lateral amplia, que va de 22 a 25 mm de largo por 10 a 15 mm de ancho, su dispersión es por viento (Madrigal, 1967; Nieto de Pascual, 2004)

Las semillas de *A. religiosa* por lo general tienen porcentajes de viabilidad irregulares, comúnmente inferiores a 50%, valor que tiende a aumentaren función del tiempo, ya que su calidad embrionaria es sensible a la temperatura, forma y duración del almacenamiento (Nieto de Pascual, 2004).

5.3 Trabajo de campo

Se establecieron tres sitios de muestreo que corresponden a un gradiente de altitud y perturbación antrópica, bajo el supuesto de que la estructura del dosel y la regeneración se vería afectada a causa de estos factores (Tovar-Bustamante, 2017). Dentro de cada sitio se delimitaron 15 parcelas de 25 x 25 m (625 m²) al azar por sitio (Figura 1).

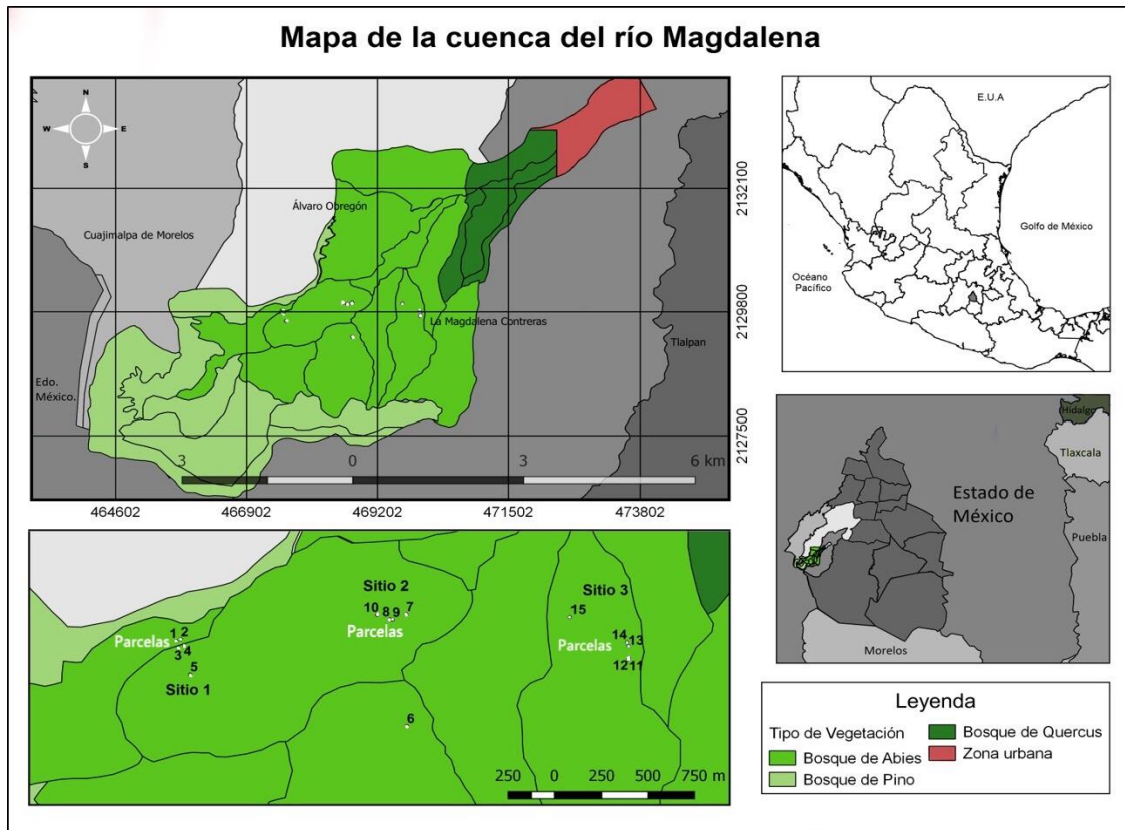


Figura 1. Ubicación de los tres sitios de muestreo y las parcelas, dentro del bosque de *Abies religiosa* en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México.

La nomenclatura para identificar las parcelas es S que corresponde al sitio 1, 2 ó 3 y P que corresponde a la parcela dentro del sitio que van del 1 al 15. Por ejemplo, S1P1 corresponde a la parcela 1 del sitio 1, S1P2 corresponde a la parcela 2 del sitio 1, y así sucesivamente.

5.4 Registro de datos de estructura arbórea

En cada parcela se registró el número de árboles, se midió el diámetro a la altura de pecho a 1.30m (DAP) y se consideró adultos a todos los árboles que tuvieran un diámetro mayor a 10 cm, después de identificar *in situ* la especie a la que pertenecía cada árbol se le midió a cada uno la altura. Para medir la altura se utilizó una pistola LaserACe 100 (Trimble Navegation Limited Westminster CO) y para cuantificar el DAP se utilizó una cinta métrica. Las especies no reconocidas en campo fueron recolectadas y herborizadas para su posterior identificación taxonómica en el herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

En el caso de las especies de *Pinus* encontradas en el muestreo no fue posible distinguir la especie debido a que se necesitan las estructuras reproductivas para su determinación, por lo tanto, se decidió agruparlos en *Pinus aff ayacahuite* dado que es la especie que más abunda por las campañas de reforestación en la zona.

5.5 Cuantificación de la regeneración natural

Para obtener datos sobre la supervivencia de las plántulas de *A. religiosa* se realizó el muestro en dos temporadas, secas y lluvias. El muestro consistió en la delimitación de cuadrantes de 3 x 3 m dentro de las parcelas previamente establecidas en donde se contó el número de individuos presentes, así mismo se midió la altura y dos diámetros perpendiculares para calcular la cobertura.

De acuerdo a trabajos previos (Guerrero-Vizcaino, 2016, Bautista-Sampayo, 2013; FAO, 2001; WWF, 2004) se establecieron las siguientes categorías: plántulas (< 0.30 m de altura), brinzales (entre 0.30 y 1.50 m de altura), latizales (> 1.50 m de altura y hasta 9.99 cm de DAP) figura 2.

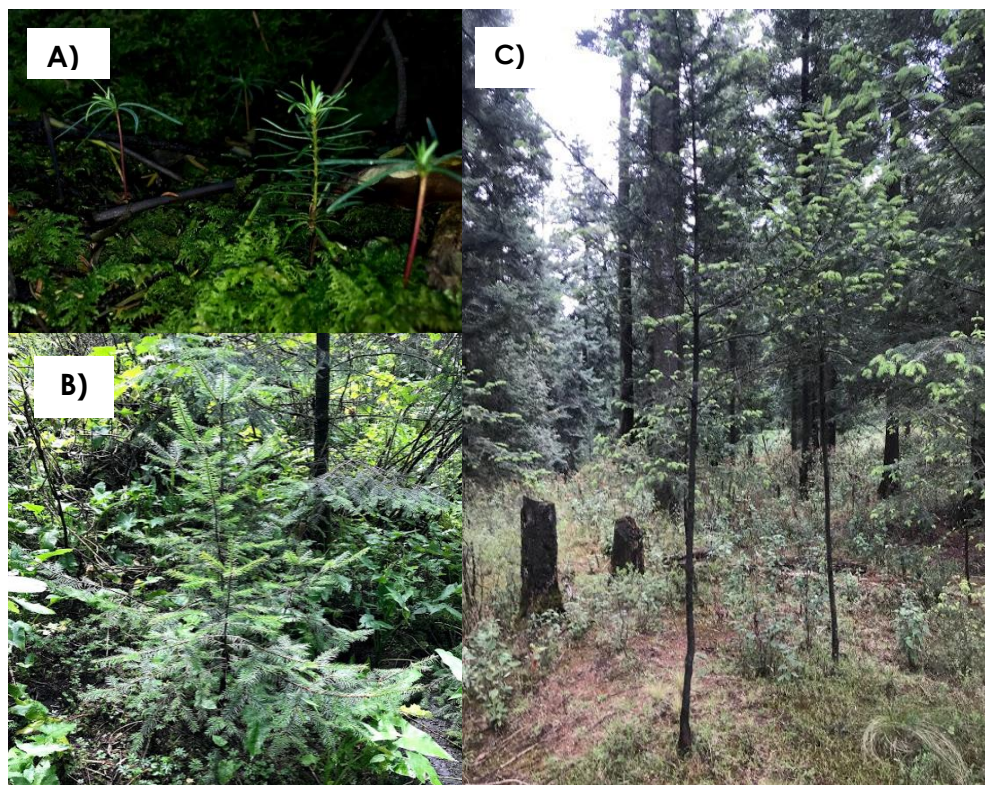


Figura 2. Estadios de vida de *Abies religiosa* estudiados en este trabajo: A) Plántulas, B) brinzal y C) Latizal y al fondo árboles adultos de *A. religiosa*.

5.6 Obtención de los parámetros ambientales

En cada parcela con ayuda de un GPS se tomaron las coordenadas geográficas (UTM) y con una Brújula Brunton se calculó la pendiente. Para registrar los parámetros de incidencia de luz, y apertura del dosel se tomaron fotografías hemisféricas con un lente ojo de pescado (EX SIGMA 4.5 1:28 DC HSM) montado en una cámara digital Nikon D80, estas fotografías se tomaron en el centro de cada parcela con una orientación hacia el norte geográfico. Los valores de temperatura (°C) y humedad relativa ambiental (HR %) se

tomaron por medio de un registrador (easy LogUSA-ONSET) el cual ubicado dentro de la parcela en los meses de lluvias (junio a noviembre de 2017) y secas (enero y abril de 2019) registraba valores cada dos horas. De los parámetros del suelo, en cada una de las parcelas se evaluó la humedad por mes, contenido de materia orgánica, pH, nitrógeno total, fósforo y conductividad eléctrica. Estos datos se pueden consultar en el Anexo 1.

Para el porcentaje de humedad del suelo se tomaron muestras combinadas mensualmente de aproximadamente 300 g por parcela, sin hojarasca ni raíces, utilizando el método gravimétrico de Reynolds (1979). El suelo recolectado se pesó y se secó en un horno por 48 h a 50 °C, se volvió a pesar y se calculó el contenido de humedad por medio de la fórmula

$$\text{Humedad de suelo} = \frac{\text{Peso de suelo humedo}}{\text{Peso de suelo seco}} \times 100\%$$

También se recolectaron 250g de suelo para análisis químicos en el laboratorio de fertilidad de suelos del colegio de posgraduados campus Montecillo (COLPOS). Las variables que se analizaron fueron pH, mediante la relación suelo y agua 1:2, conductividad eléctrica en agua (C.E.), con la relación 1:5 y un puente de conductividad eléctrica, porcentaje de materia orgánica (M.O.), mediante una digestión húmeda con determinación Walklev-Black y se obtuvo la concentración de fósforo (P) inorgánico disponible por medio de una extracción NaHCO_3 al 0.5 M (pH 8.5) con determinación colorimétrica. Así mismo se determinó el porcentaje de nitrógeno (N), mediante una digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico con destilación Kjeldahl por arrastre de vapor y titulación con ácido sulfúrico 0.05 N. Por último, se determinó la concentración de (K) con la extracción NH_4OAc , con pH 7 por fotometría de llama.

5.7 Obtención de los parámetros antrópicos

Para evaluar el impacto de las actividades antrópicas, se tomaron las variables siguientes: distancia del camino a las parcelas, presencia de excretas de ganado ovino y vacuno, evidencia de ramoneo, evidencia de incendios, cartuchos utilizados en reforestación, presencia de basura, deshierbe (chaponeo) y erosión cerca o dentro de las parcelas. Así mismo se tomaron muestras de compactación del suelo con un penetrómetro. Las variables se evaluaron de acuerdo con el número de metros cuadrados con presencia de algún disturbio y se relativizaron en escala de 1 a 100.

5.8 Análisis de las variables cuantitativas de la vegetación

A partir de los datos obtenidos de la estructura arbórea se utilizaron las siguientes fórmulas para obtener las variables cuantitativas de la vegetación:

Área basal:

$$AB = \left(\frac{C^2}{4}\right) / \pi$$

Dónde: C= perímetro a la altura de pecho y $\pi= 3.1416$

Está es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas, se puede entender como una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a determinada altura del suelo, que debería ser 1.3 metros (Matteucci y Colma, 1982 y Ramírez González, 2006).

Área basal relativa:

$$ABr = \left(\frac{ABi}{\sum_i^p ABi}\right) \times 100$$

Donde ABr = área basal relativa, ABi = área basal de la i ésima especie, p = el total de especies.

Este parámetro es el porcentaje de área basal de una especie respecto al total de la muestra, y depende de los registros de los otros individuos (Ramírez González, 2006)

Intervalos de altura

Con el número de individuos, su altura y área basal se realizaron los intervalos de clase, los cuales permitieron establecer tres intervalos de altura: bajo (0-15m) medio (15-25m) alto (>25). Así mismo tres intervalos de área basal: 1 (>5m²), 2 (5-15 m²), 3 (>15m²).

Correlaciones

Se realizaron correlaciones entre el área basal y la altura con un *script* en el programa R versión 3.5.1.

Análisis de Correspondencia Canónica

Usando los valores estructurales (área basal y altura), los parámetros de regeneración, las variables de disturbio antrópico y las variables ambientales, se elaboraron análisis de correspondencia canónica (CCA). Esto fue realizado con el programa PC ORD versión 5.33.

6. RESULTADOS

6.1 Estructura arbórea y regeneración natural del bosque de *Abies religiosa*.

Como parte de los resultados de la presente investigación, se encontró que en las 15 parcelas muestreadas se presentaron 994 individuos, con diferentes estadios, distribuidos en 482 árboles, 414 plántulas (296 se encontraron en temporada de lluvias y 118 en secas), 64 brinzales y 34 latizales (34).

El número de árboles fue mayor en el sitio 2 (195 individuos) y similar en el sitio 1 y 3 (141 y 146 individuos respectivamente). Las plántulas del sitio 2 presentaron una mayor abundancia, seguido del sitio 3 y al final el sitio 1. La abundancia de brinzales fue mayor en el sitio 2 con 34 individuos, 26 en el sitio 1 y cuatro en el sitio 3. El número de latizales en el sitio 1 fue de 12 individuos, se encontraron cinco en el sitio 2 y nueve en el sitio 3.

La figura 2. A muestra el número de individuos por estadio en las diferentes parcelas, donde se observa que la parcela con mayor número de individuos arbóreos fue la S2P6 con 58 individuos y la parcela con menor número de registro de árboles fue la S3P13, donde se encontraron 12 individuos arbóreos. Así mismo en la figura 2.B se observa que en la parcela S2P10 fue donde se presentó la mayor abundancia de plántulas (97 individuos en lluvias y 69 en secas), la parcela S3P12 es la parcela en la que no se encontraron plántulas en ambos muestreos. La presencia de brinzales fue mayor en la parcela S1P3 (20 individuos), el mayor número de latizales fue en las parcelas S1P1 y S1P4 con 4 individuos cada una; cabe mencionar en los últimos estadios de vida no estuvo presente en todas las parcelas estudiadas, los datos del número de individuos por parcela se pueden consultar en el Anexo 2.

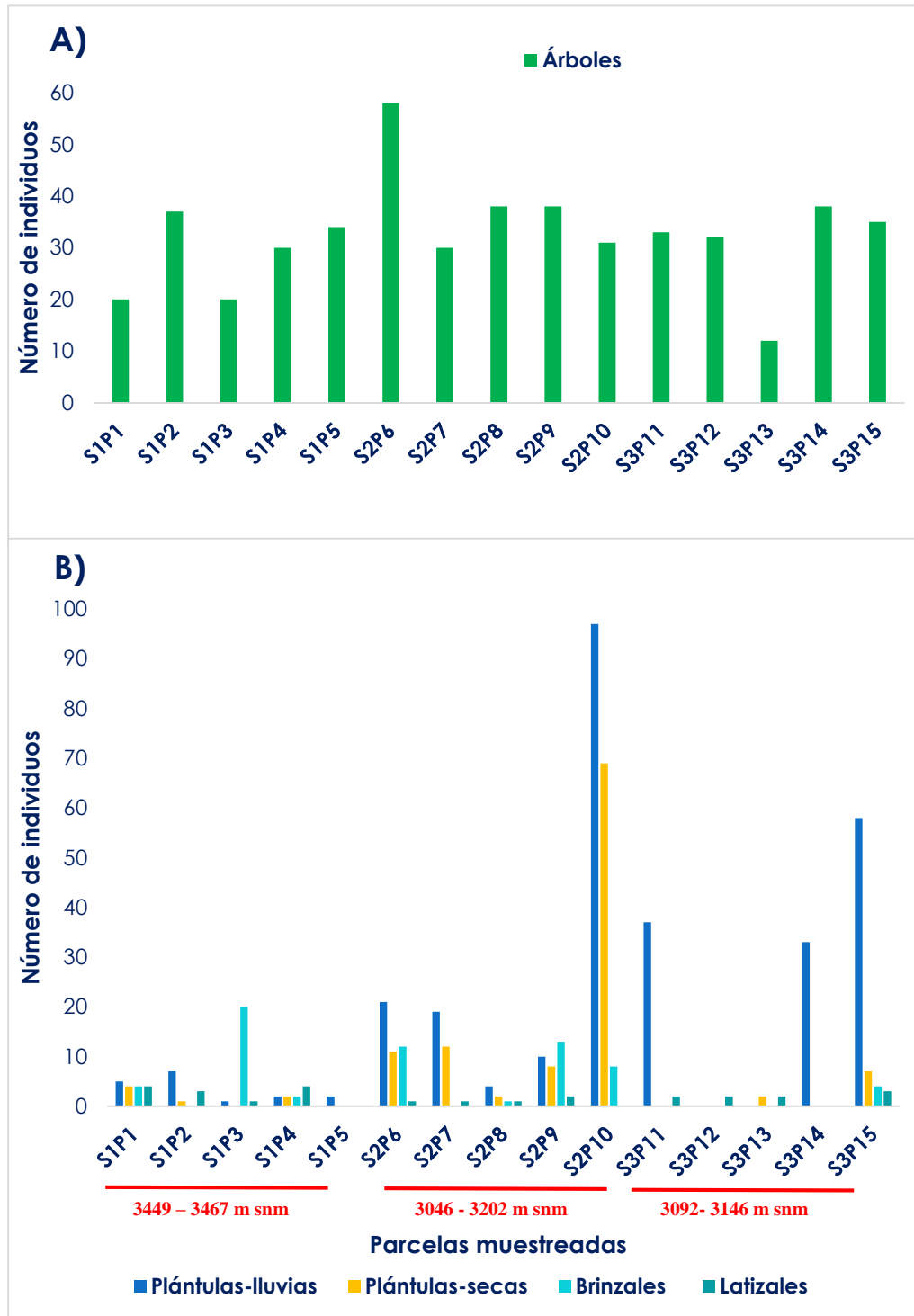


Figura 3. A) Número de individuos arbóreos en las diferentes parcelas muestradas, B) Número de individuos en los diferentes estadios (plántulas, brinzales, latizales) y cotas altitudinales en las parcelas muestradas del bosque de *Abies religiosa*.

Los 482 individuos arbóreos contabilizados se distribuyen en 11 géneros y pertenecen a 12 especies. Las especies con mayor número de individuos son (Cuadro 1) *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schlecht (355), *Pinus aff ayacahuite* Ehrenb. ex Schltldl. (54), *Salix paradoxa* Kunth (28), *Sambucus nigra* L. (14), *Garrya laurifolia* Benth (13).

Cuadro.1. Número de especies presentes en el estrato arbóreo de los sitios muestreados del bosque de *Abies religiosa* en la Cuenca del río Magdalena.

ESPECIE	INDIVIDUOS POR ESPECIE	No. Parcelas presente
<i>Abies religiosa</i> (H.B.K.) Cham & Schlecht	355	15
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltldl.	54	7
<i>Salix paradoxa</i> Kunth	28	9
<i>Garrya laurifolia</i> Benth	13	5
<i>Sambucus nigra</i> L.	14	5
<i>Buddleja parviflora</i> Kunth	5	2
<i>Buddleja cordata</i> Kunth	4	2
<i>Cestrum anagyris</i> Dunal	3	2
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill	2	1
<i>Quercus rugosa</i> Née	1	1
<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook) Diggs	2	2
<i>Roldana alboneruia</i> (Greenm.) H.Rob. & Brettell	1	1
Total	482	

6.2 Intervalos de altura

Con los datos de altura se establecieron tres intervalos (Figura 3): 1) Intervalo Bajo, donde se agruparon 304 árboles en este intervalo se incluyó a los individuos cuya altura se encuentra entre 1.5 y 15 m; 2) Intervalo medio que incluye a los árboles de 15 a 25 m se encontraron 76 individuos; 3) Intervalo alto se encontraron 102 individuos con una altura mayor a 25 m.

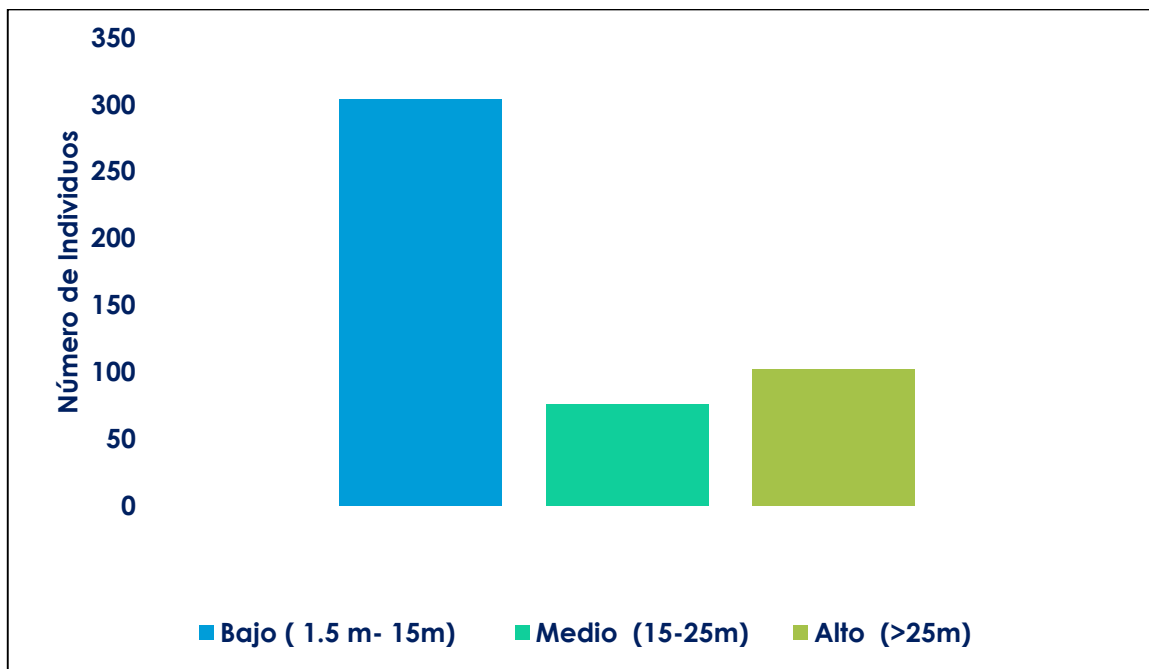


Figura 4. Número de individuos presentes en cada uno de los intervalos de altura.

En la figura 4 se muestra la distribución de los intervalos en los diferentes sitios y parcelas de acuerdo a los intervalos, bajo, medio y alto. Se encontró que el intervalo bajo dominó en todos los sitios y parcelas, seguido del intervalo alto en el sitio 1 y del intervalo medio en el sitio 3.

La parcela S1P5 mostró una mayor abundancia de individuos en el intervalo bajo, y una alta abundancia de individuos muy altos. La parcela S1P1 presentó la menor abundancia de individuos del intervalo bajo. En la parcela S2P13 se presentó el menor número de individuos del intervalo alto.

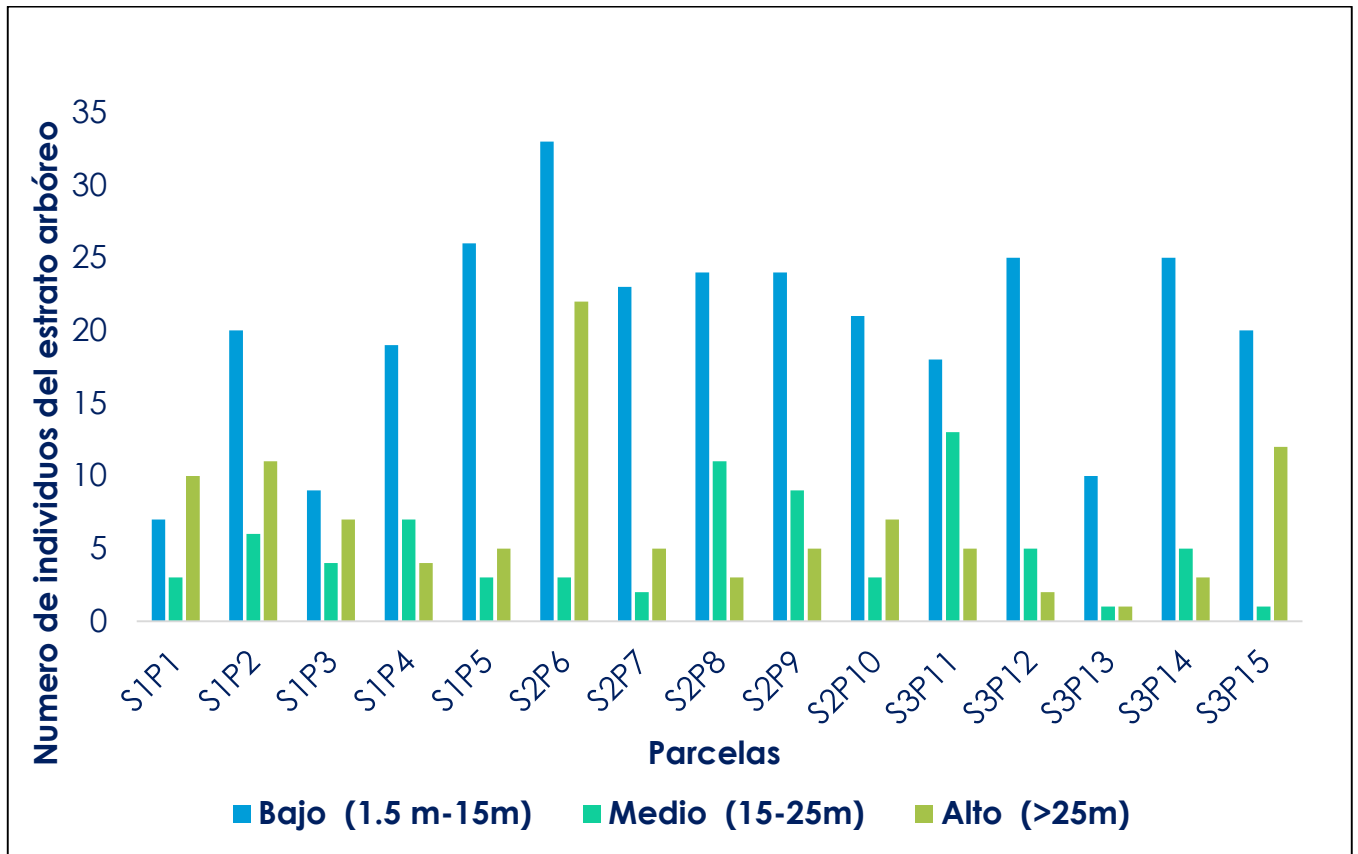


Figura 5. Número de individuos en cada uno de los intervalos de alturas de los árboles en cada una de las parcelas muestreadas en los sitios estudiados.

6.3 Intervalos de área basal

El área basal calculada para cada uno de los individuos, en la figura 7 se muestra la gráfica según sus intervalos de clase. Con esta gráfica, se pudo conocer que el intervalo 1 tuvo árboles con un área basal menor a 5 m², mientras que el intervalo 2 sustenta árboles entre 5 y 15 m² y el intervalo 3 árboles mayores a 15 m².

En la zona de estudio se encontró una dominancia de los árboles con un área basal pequeña con 401 individuos, mientras que en el intervalo medio se encontraron 57 árboles y en el intervalo bajo 24 individuos.

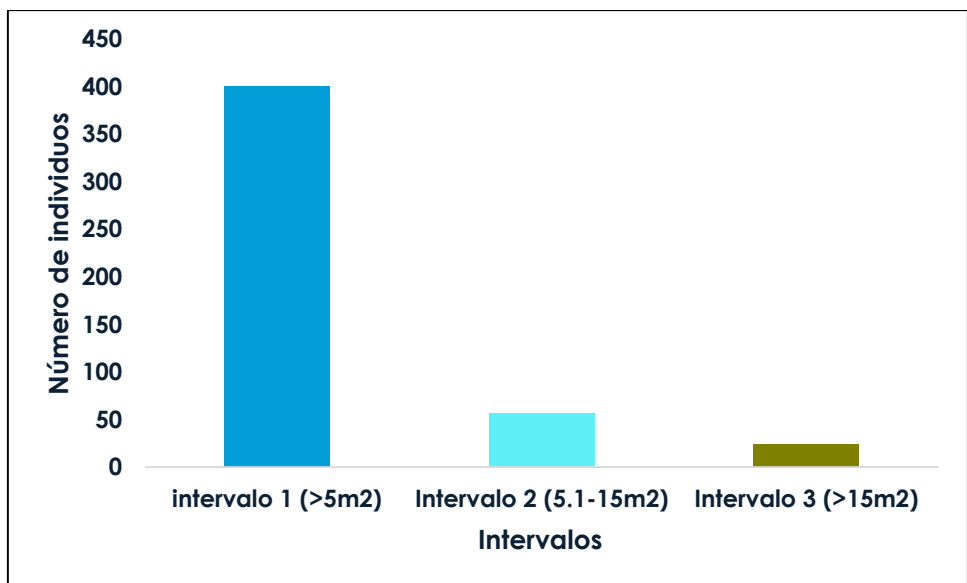


Figura 6. Distribución de los individuos en los tres intervalos delimitados de área basal del bosque de *Abies religiosa*.

La figura 7 muestra la distribución de los intervalos de área basal en los diferentes sitios y parcelas. En todas se encontró un número alto de individuos con un área basal pequeña. En el sitio 2 el número de individuos pertenecientes al intervalo 2 fueron mayores que los que fueron catalogados en los intervalos 1 y 3. En las parcelas S2P6, S3P11 y S3P14 no se encontraron árboles con un área basal mayor a 15 m².

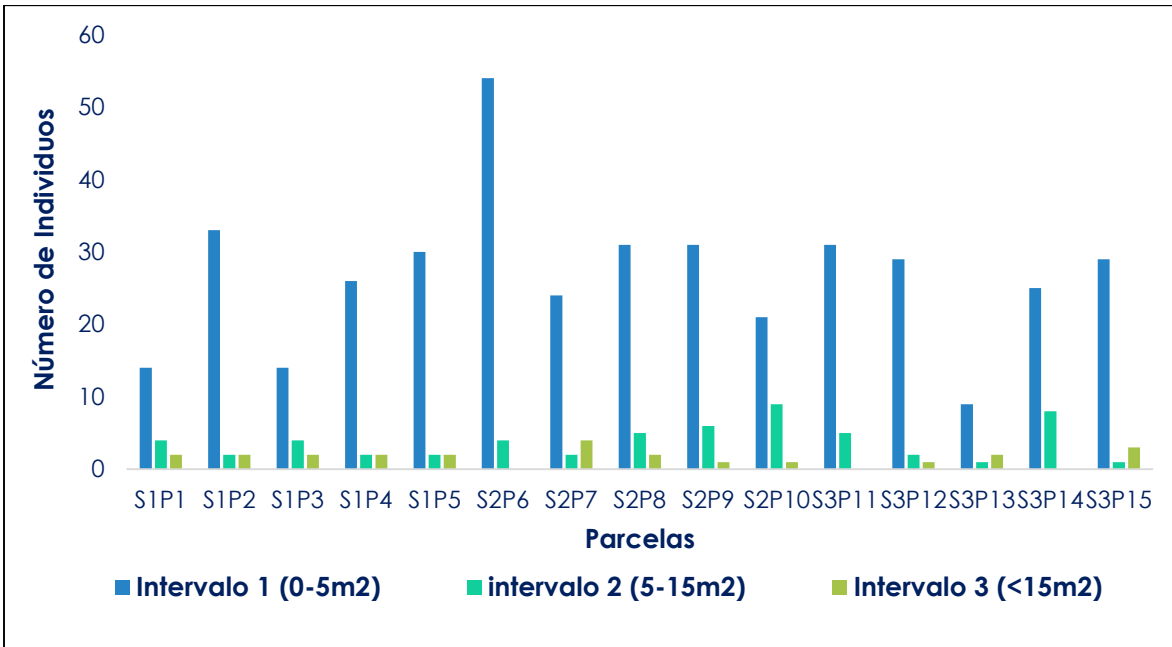


Figura 7. Número de individuos por intervalo basal en las parcelas de estudio.

7. ANÁLISIS DE DATOS

7.1 Correlación área basal y altura

Para conocer la relación entre la altura y el área basal se realizó una correlación con el programa R versión 3.5.1. Con este análisis, se encontró una correlación positiva ($r= 0.44$) y significativa ($p \leq 0.05$) entre estas variables (Figura 8). Así mismo se puede observar que la mayoría de los individuos tiene una altura y área basal pequeña por el contrario son pocos los individuos presentan un área basal y altura grande.

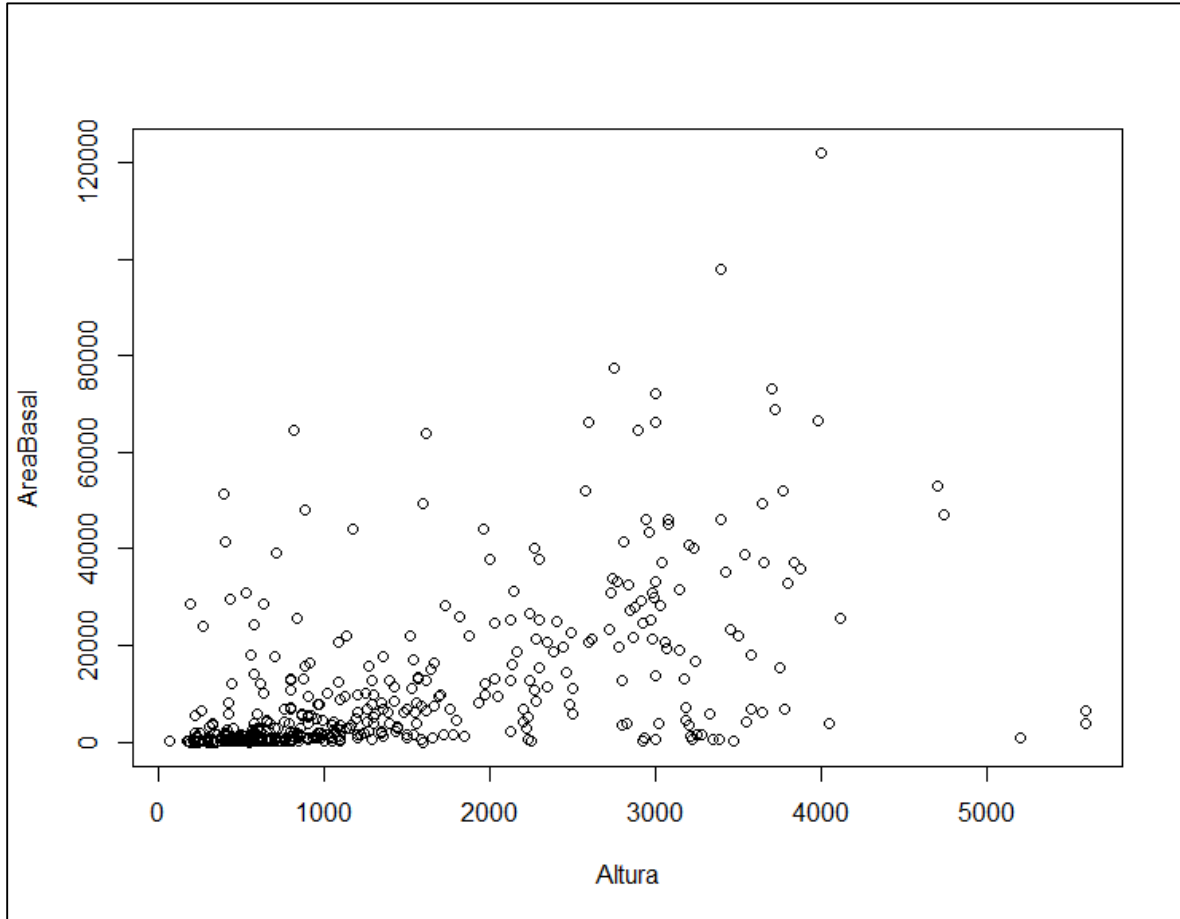


Figura 8. Correlación de entre área basal y altura de los arboles muestreados.

7.2 Resumen estructural de las especies del bosque de *Abies religiosa*

El cuadro 2 es un resumen de la estructura arbórea, donde se puede observar que en el sitio 1 básicamente todas las parcelas presentaron sólo *Abies religiosa*, también fue donde se presentó el mayor valor de área basal relativo para *Abies religiosa* con relación a todos los sitios muestreados, presentándose de manera monoespecífica a excepción de la parcela S1P5 que se compone de otras tres especies (*Salix paradoxa*, *Garrya laulifolia* y *Comarastaphylis discolor*) pero con valores de área basal bajos.

El sitio 2 fue el de mayor riqueza de especies (9 especies) con un total de 195 individuos, cabe mencionar que todas las especies se distribuyen más azarosamente entre las parcelas y fue un sitio con área basal relativa similar al del sitio 1 para *Abies religiosa* y las

otras especies con valores muy bajos de área basal relativa, cabe resaltar que *Sambucus nigra* fue la segunda especie de área basal relativa en este sitio y es una especie introducida indicadora de perturbación, y también se presentó *Pinus aff ayacahuite* que es una especie con la que se reforesta el sitio.

Finalmente, para el sitio 3 se registraron ocho especies con 146 individuos, cabe resaltar que a pesar de que se encontraron distribuidas en casi todas las parcelas fue el sitio con valores más bajos de área basal relativa para *Abies religiosa* y valores más altos para *Salix paradoxa* y *Sambucus nigra* con relación a las parcelas de los otros dos sitios. Así mismo al igual que en el sitio 2 la presencia de *Pinus aff ayacahuite* con un número mayor de individuos.

Cuadro. 2. A continuación se describen los datos obtenidos para las variables dasonómicas obtenidas en campo, especies, individuos, altura (m), área basal (m²) por parcela y el área basal relativo para los tres sitios donde: **Indiv** corresponde al número de individuos encontrados por parcela, **Altura** es el promedio de las alturas, **AB** es el área basal por especie en cm², el **AB r** es el área basal relativo

Especie	S1P1			S1P2			S1P3			S1P4			S1P5			TOTAL SITIO 1		
	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB r
<i>Abies religiosa</i>	20	23.171	326371	37	18.74	279203	20	18.796	392963	30	14.589	439527	29	13.684	320179	136	17.796	98.46
<i>Pinus aff ayacahuite</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salix paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5.375	1983.1	2	1.075	0.1111
<i>Garrya laurifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	9240.2	2	1.8	0.5174
<i>Sambucus nigra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buddleja parviflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buddleja cordata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cestrum anagyris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cupressus lusitanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus rugosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Comarostaphylis discolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9.2	16286	1	1.84	0.912
<i>Roldana alboneriua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	20	23.71	326371	37	18.74	279203	20	18.796	392963	30	14.589	439527	34	12.785	347689	141	5.6277	100
Especie	S2P6			S2P7			S2P8			S2P9			S2P10			TOTAL SITIO 2		
	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB r
<i>Abies religiosa</i>	40	22.402	678840	28	12.005	154338	33	14.649	219692	35	14.015	236023	12	24.379	382019	148	17.49	93.908
<i>Pinus aff ayacahuite</i>	15	6.1153	11327	0	0	0	1	4.39	263.02	0	0	0	10	4.759	7089.8	26	5.0881	1.0498
<i>Salix paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8.725	8778.9	2	5.9	24643	4	7.3125	1.8783
<i>Garrya laurifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sambucus nigra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6.5943	39102	7	6.5943	2.1976
<i>Buddleja parviflora</i>	0	0	0	2	2.7	340.08	3	4.5933	6599.7	0	0	0	0	0	0	5	1.4587	0.39
<i>Buddleja cordata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cestrum anagyris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.18	2734	0	0	0	1	4.18	0.1537
<i>Cupressus lusitanica</i>	2	7.13	1608.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7.13	0.0904
<i>Cestrum thyrsoideum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus rugosa</i>	1	6.5	4656.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.5	0.2617
<i>Comarostaphylis discolor</i>	0	0	0	0	0	0	1	4.4	1256.6	0	0	0	0	0	0	1	4.4	0.0706
<i>Roldana alboneriua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	58	17.389	696432	30	11.385	154678	38	13.316	227812	38	2.0708	247536	31	13.077	452853	195	6.6838	100
Especie	S3P11			S3P12			S3P13			S3P14			S3P15			TOTAL SITIO 3		
	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB	Indiv	Altura	AB r
<i>Abies religiosa</i>	22	19.955	519066	9	19.538	244227	3	18.893	60662	16	17.186	219220	21	25.81	153272	71	20.276	63.91
<i>Pinus aff ayacahuite</i>	0	0	0	7	4.8214	6767	4	3.31	2001.9	8	2.87	3002.3	9	5.5944	5848.8	28	4.149	0.9412
<i>Salix paradoxa</i>	8	5.0563	96115	10	4.316	277202	1	3.4433	100.29	1	8	13273	2	8.5	8050.4	22	5.8631	21.086
<i>Garrya laurifolia</i>	2	6.41	40443	3	6.0033	9784.5	1	2.6	6503.9	5	6.11	61992	0	0	0	11	5.2808	6.3418
<i>Sambucus nigra</i>	1	6.1	3019.1	3	4.8667	18795	2	4.035	1867.7	0	0	0	1	6.39	10029	7	6.39	1.8007
<i>Buddleja parviflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Buddleja cordata</i>	0	0	0	0	0	0	1	2.23	359.68	3	3.0667	74048	0	0	0	4	2.6483	3.9746
<i>Cestrum anagyris</i>	2	4.545	5627.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.545	0.3006
<i>Cupressus lusitanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus rugosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Comarostaphylis discolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Roldana alboneriua</i>	1	5.29	30791	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.29	1.6447
Total	36	14.243	695061	32	8.9175	556776	12	7.09	71495	33	10.678	371536	33	18.659	177200	146	6.8053	100

7.3 Evaluación de la regeneración de *Abies religiosa* cuantificando plántulas y brinzales y su relación con la estructura arbórea.

En cuanto a las correlaciones no se observaron diferencias entre el área basal con el número de plántulas, número de brinzales y el número de latizales, ya que el valor de p no es mayor a 0.05 pero se puede observar un patrón en los sitios donde se presentan altos valores de área basal también se presentan valores altos en el número de plántulas. Así mismo la presencia de brinzales muestra números altos en los sitios donde hay una alta regeneración. En cuanto a la correlación en el área basal y los latizales la p es negativa lo cual indicaría que en los sitios donde el área basal es mayor el número de latizales es menor, esto estaría indicando una posible competencia, dado que los latizales son árboles ya establecidos, en la Figura 9. se graficó el área basal, el número de plántulas, brinzales y latizales, los valores de correlación.

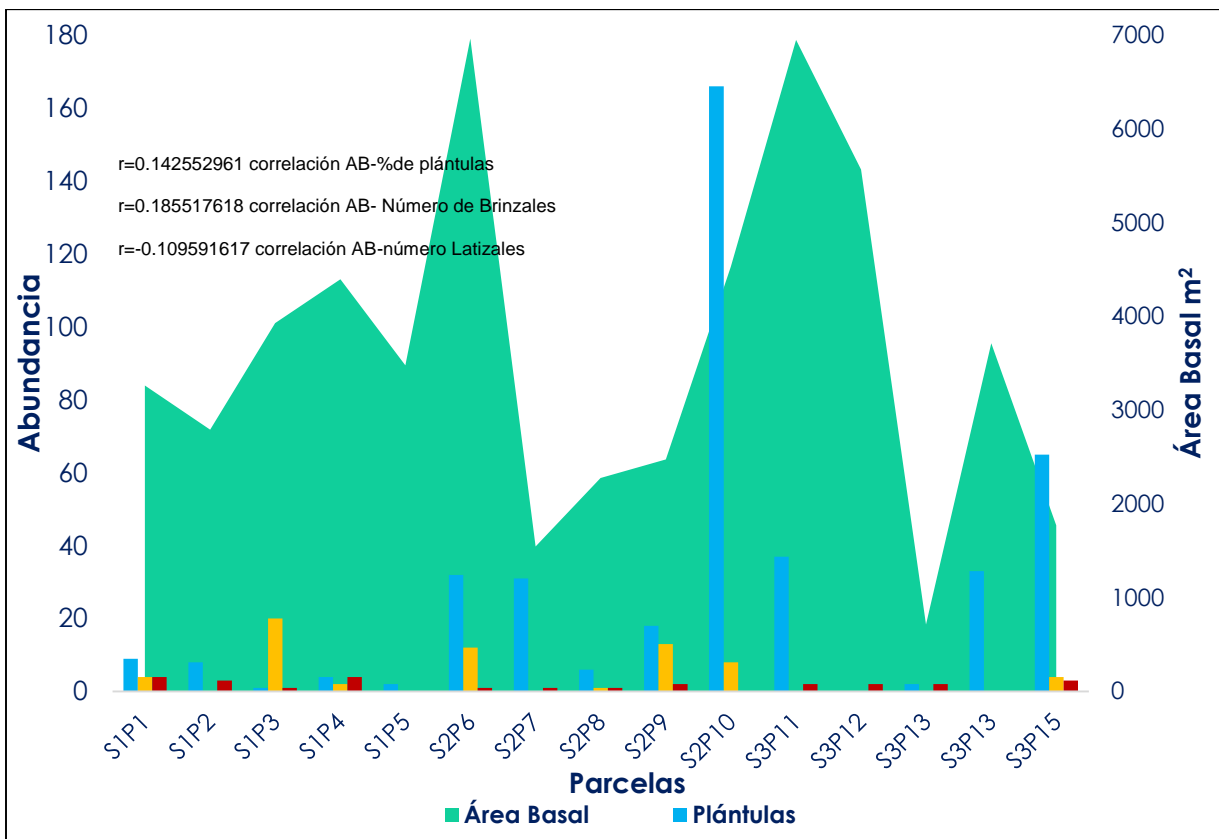


Figura 9. Correlaciones del área basal, número de plántulas, brinzales y latizales en los diferentes sitios y parcelas muestreados.

7.4 Análisis de Correlación Canónica (CCA) de Variables de estructura, regeneración y valores ambientales.

Los resultados obtenidos con el análisis de correspondencia canónica entre las variables estructurales y de regeneración (Anexo 3) y variables ambientales (Anexo 1), se observa que existe una tendencia en la presencia de fósforo, la temperatura, y el pH, con la mayor abundancia de plántulas lo cual coincide con las parcelas que presentaron mayor número de éstas (S2P10, S3P15, S2P7, S2P14). Por otro lado, las variables de M.O., C.E. y Humedad relativa estuvieron asociadas a las parcelas que presentaron mayor número de latizales y brinzales (S1P1, S14, S3P15) y son las parcelas que presentaron una altura mayor promedio, como se observa no hay una correlación clara entre el AB y las variables ambientales, sin embargo, las parcelas que se agrupan por presentar mayor AB son la

S1P4, S2P6 y S2P11 que pueden estar más relacionadas con la luz humedad del suelo, el pH y la temperatura. En las parcelas S3P12 y S2P13 se presentaron los valores más bajos de plántulas. Figura 10. El cuadro 3. Muestra los resultados de la prueba de Montecarlo del CCA, donde se corrobora que no hay una relación clara entre las variables ambientales y las variables estructurales.

Cuadro 3. Resultados del CCA de Variables de estructura, regeneración y valores ambientales. Los valores de los ejes y la correlación de especie-ambiente basado en 998 operaciones aleatorizadas.

Datos aleatorizados					
Datos reales Prueba de Monte Carlo (998 operaciones)					
Eje	Valores del eje	Media	Mínimo	Máximo	P
1	0	0	0	0	0.0821
2	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	
Correlación					
Eje	Spp- Ambiente	Media	Mínimo	Máximo	P
1	0.994	0.936	0.591	1	0.0621
2	0.993	0.944	0.646	0.999	
3	0.814	0.861	0.462	0.998	

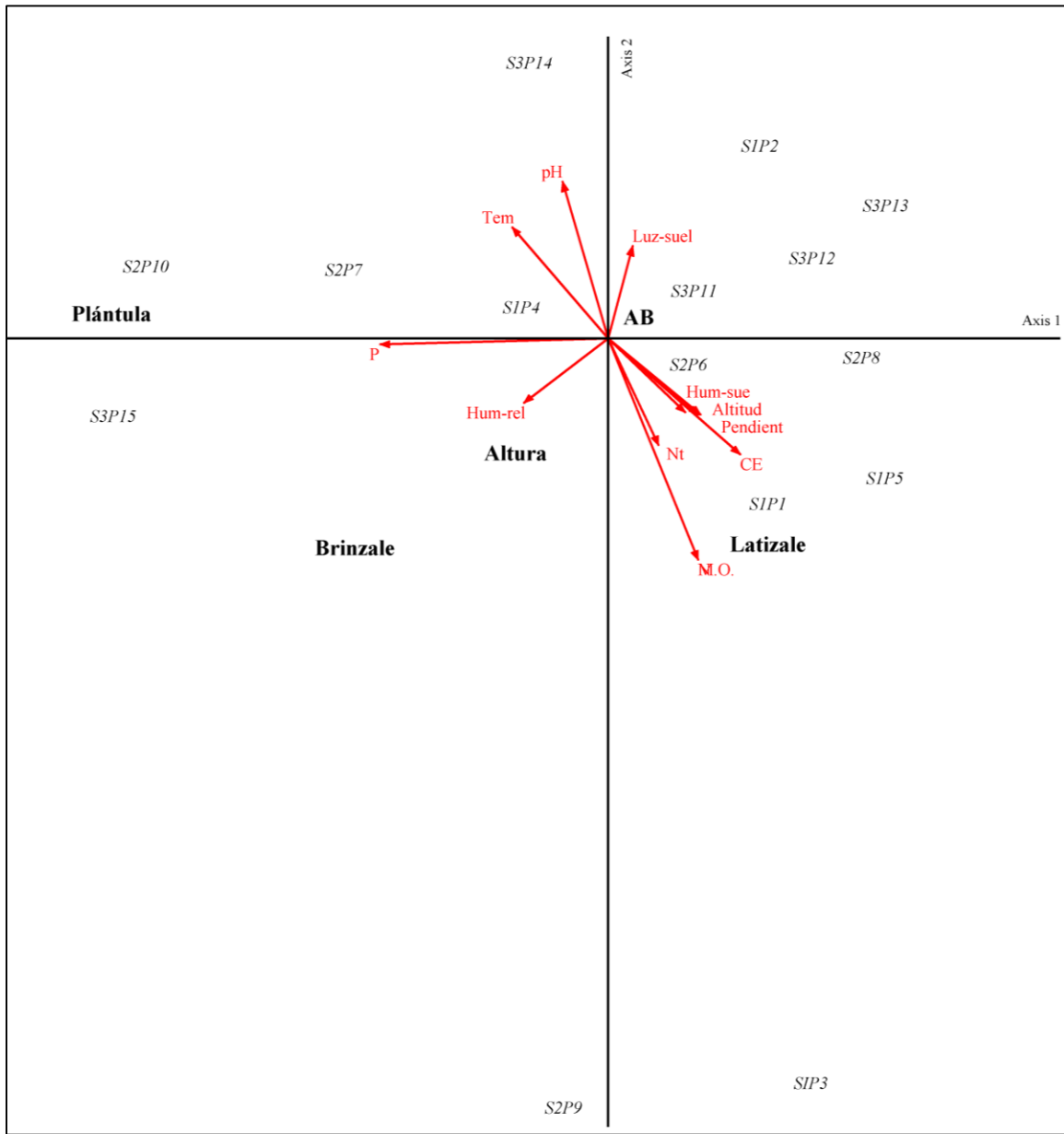


Figura.10. Análisis de Correlación Canónica de las variables de estructura y variables ambientales donde **plántula** = Número de plántulas, **brinzale**= número de brinzales, **Altura** = altura promedio de los árboles en cada parcela, **AB**= Área basal de cada parcela, **P**= fósforo, **Tem**= Temperatura, **pH**=pH, **Pendent**= Pendiente, **Nt**= Nitrógeno total, **C.E.**= Conductividad Eléctrica, **M.O.**= Materia Orgánica.

7.5 Análisis de Correlación Canónica (CCA) de variables de estructura, regeneración y de variables disturbio antrópico.

El análisis de correlación Canónica entre las variables estructurales, regeneración (Anexo 3) y las variables de disturbio antrópico (Anexo 2) la figura 11 muestra que existe una tendencia entre el número de plántulas los valores densidad aparente y los rastros de incendios. La presencia de erosión del suelo, y la distancia en la presencia de caminos tienen una afinidad con los valores de área basal.

Así mismo la presencia de brinzales, latizales y altura están relacionados con la presencia de excretas, plantas ramoneadas, caminos del ganado y deshierbe y deforestación. La presencia de latizales y brinzales en sitios donde se hay deforestación podría indicar estados avanzados de regeneración. El cuadro 4 muestra los resultados de la prueba de Montecarlo del CCA, donde se corrobora que las variables de disturbio, las variables estructurales y de regeneración no son claras.

Cuadro 4. Resultados del CCA de variables estructurales, regeneración y de variables de disturbio antrópico. Los valores de los ejes y la correlación de especie-ambiente basado en 998 operaciones aleatorizadas.

Datos aleatorizados					
Datos reales Prueba de Monte Carlo (998 operaciones)					
Eje	Valores del eje	Media	Mínimo	Máximo	P
1	0	0	0	0	0.0571
2	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	
Correlación					
Eje	Spp- Ambiente	Media	Mínimo	Máximo	P
1	0.979	0.897	0.563	0.996	0.0861
2	0.846	0.895	0.584	0.998	
3	0.762	0.748	0.278	0.982	

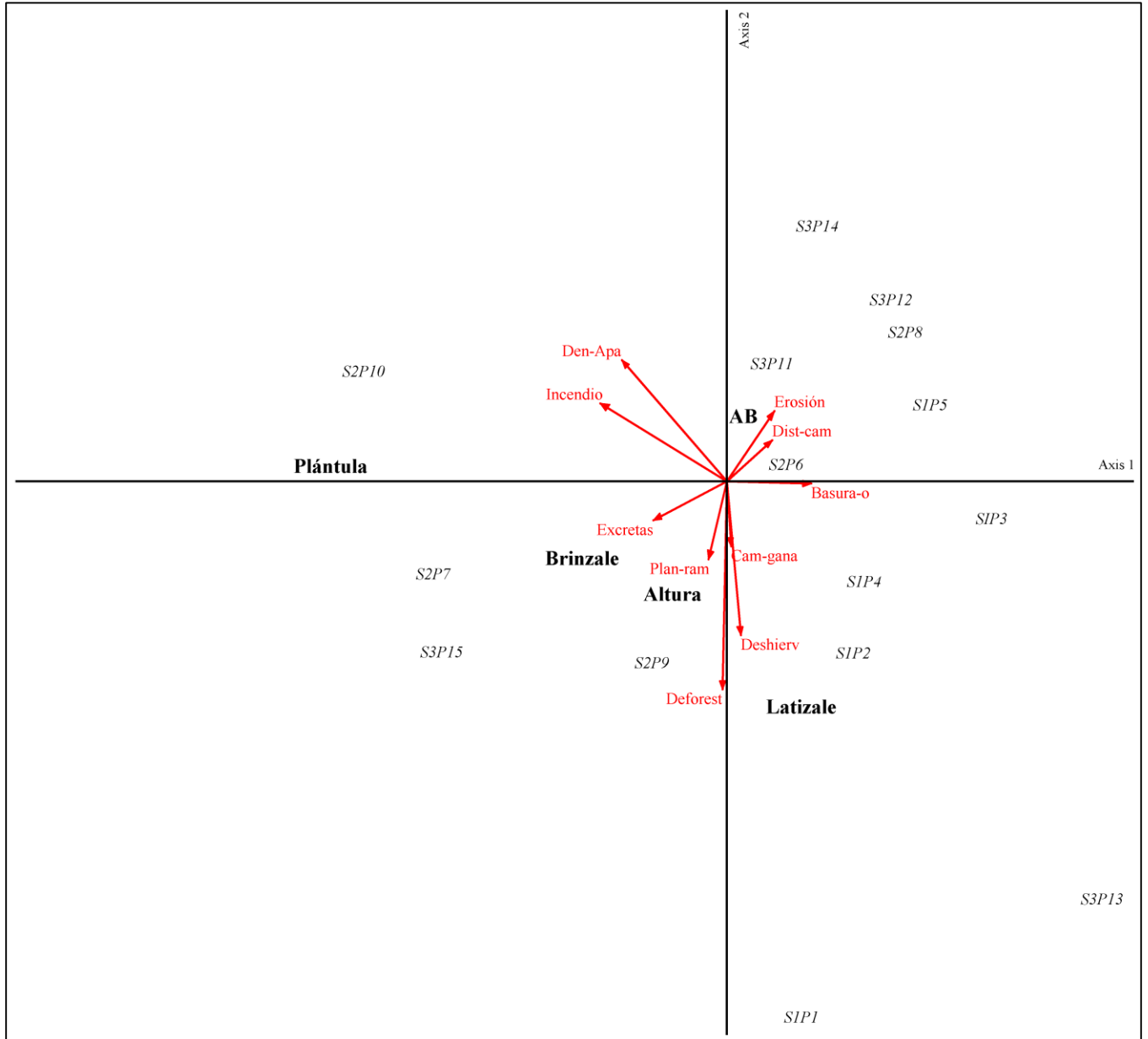


Figura 10. Análisis de correlación canónica de las variables de estructura y regeneración con las variables de disturbio antrópico donde **plántula** = Número de plántulas, **brinzale**= número de brinzales, **Altura** = altura promedio de los árboles en cada parcela, **AB**= Área basal de cada parcela, **Brinzale**= Brinzales, excretas= Excretas encontradas cerca de las parcelas, **plan-ram**=Plantas ramoneadas, incendio= rastros de incendios, **Den-Apa**= densidad aparente, **deforest**= rastros de deforestación, **basuraOr**= rastros de basura Orgánica, **Distcami**= Distancia del camino, **cam-gana**= camino de ganado.

7. DISCUSIÓN

Los disturbios naturales o antropogénicos son eventos que tienden a cambiar la estructura del dosel, al existir modificaciones en el dosel hay una modificación en los recursos que están relacionados con este (Oliver y Larson, 1996; Fujimori, 2001).

Los disturbios también pueden modificar la composición estructural y vegetal, ya sea aumentando o reduciendo la riqueza de especies, esto podría explicar la hipótesis del disturbio intermedio donde en ocasiones un disturbio intermedio, genera una elevada riqueza (Fox, 2013; Royo *et al.*, 2010). Esto posiblemente relacionado con la riqueza de las parcelas del sitio 1 y 2 ya que al disminuir la abundancia de *A. religiosa* otras especies pueden ocupar los recursos y espacio dejado por éste.

En el caso de las variables dasonómicas de brinzales, latizales y la altura existe una relación con la presencia de deshierbe, los caminos de ganado, y la deforestación. Esto podría relacionarse con la caída de árboles o su posible eliminación para hacer caminos lo que podría generar claros, estos a su vez podrían propiciar las condiciones adecuadas para que los brinzales y latizales continúen con su crecimiento y establecimiento, dado que estos individuos están en una etapa de regeneración avanzada, en algunos casos suprimidos por lo que esperan las condiciones propicias para seguir su crecimiento como árboles adultos

En el caso de las primeras etapas del proceso de regeneración los disturbios se consideran un aspecto relevante en los rodales forestales, en el caso de *A. religiosa* su regeneración depende de la intensidad y tipo de disturbio (Madrigal, 1967; Rzedowski, 1978, Ricker y Daly, 1998). Cabe mencionar que para la zona de estudio Ávila-Akerberg (2002) menciona que en el bosque existe un gradiente altitudinal que está relacionado con un gradiente de uso, y que a menor altitud existe una mayor perturbación antropogénica dado las zonas más bajas tienen un mayor acceso a los visitantes.

En cuanto a las variables dasonómicas que pueden proporcionar información acerca de los disturbios, Wolf (2005) encontró zonas que no reflejaban grandes perturbaciones y encontró bajos números de plántulas. En este estudio a pesar de que no se encontró una correlación significativa entre la presencia de plántulas y el área basal, sí se observó una tendencia positiva entre las parcelas con mayor área basal y las parcelas con mayor

presencia de plántulas, lo cual se puede explicar porque las plantas más maduras tienden a producir mayor cantidad de semillas.

Los disturbios pueden modificar las condiciones específicas de las comunidades, algunos de ellos como el pastoreo que puede dañar y compactar el suelo (Pokhriyal *et al.*, 2012; Sushma *et al.*, 2016). En el caso concreto de los disturbios que tienen una presión sobre el suelo, estos tienen un efecto en la calidad del mismo, modificando la cantidad de materia orgánica, humedad y las interacciones biológicas de los microorganismos que se encuentran contenidos en él.

En el caso de la herbívora (Warner y Cushman, 2002, Husheer *et al.*, 2006; Mysterud, 2006) también tiene efectos sobre el establecimiento de las plántulas, ya que suelen ser ramoneadas las plantas del sotobosque que sirven de nodrizas, estas ayudan a mantener la humedad, temperatura y luz adecuada para que las plántulas se establezcan. Los incendios fueron un disturbio que mostró una relación con la regeneración, este fue evaluado por Ángeles-Cervantes y López-Mata (2009) en un bosque de *A. religiosa*, encontrando una mayor densidad de las plántulas en zonas con incendios moderados, esto lo relacionaron a que posiblemente, al no ser tan abrasivos ayudan eliminando capas de materia orgánica que impedirían el establecimiento de las raíces de las plántulas, cabe mencionar que este estudio evaluó la presencia y ausencia de los incendios, más no la intensidad.

En el caso de la densidad aparente, existen actividades antropogénicas que la modifican, compactando el suelo, lo que resta la porosidad o rompe los agregados del suelo, lo cual puede modificar la forma en que se establecen las plántulas (Cruz- Ruiz, *et al.* 2012). McGowan *et al.*, (2004) menciona que los sitios en los bosques de *Juniperus communis* donde hay presencia de caminos, por donde transita el ganado existe una disminución de la densidad y tamaño de las plántulas. En este estudio se compara lo encontrado en (Mejía Manzo, 2018) quien evaluó la regeneración natural en la cuenca del río Magdalena y encontró un mayor número de plántulas en las zonas evaluadas dentro del bosque comparado con las que se encuentran cercanas a caminos, ambos resultados fueron contrastantes dado que existieron parcelas que presentaron un mayor número de plántulas, y estas estuvieron asociadas a la presencia de caminos y rastros de ganado así

como a los arboles grandes, esto podría relacionarse a que los árboles que son grandes y producen una mayor cantidad de semillas.

Existen factores ambientales que tienen una menor o mayor respuesta en el establecimiento de las plántulas, y estos pueden ser influenciados por la estructura del dosel que está dada por las especies que lo componen y algunas modificaciones de estos factores pueden propiciar las condiciones específicas para el establecimiento de otras especies que no necesariamente sean las que dominan el estrato arbóreo (Gadow *et al.*, 2007).

En el caso de la luz que se filtra por el estrato arbóreo varios autores mencionan que tiene un papel importante en la forma en que se establecen las plántulas, para este trabajo la luz no fue una variable que mostró una relación importante con el establecimiento de las plántulas, esto es contrario a lo reportado por Lara *et al.*, (2009) donde evaluó la regeneración de *A. religiosa* en el Parque Nacional del Cofre de Perote, y encontró una relación entre la luz, el tamaño y edad de los claros con establecimiento de las plántulas, esto podría deberse, a diversos factores, entre ellos la metodología para tomar información sobre la luz.

El P (fósforo) estuvo relacionado con la presencia de las plántulas ya que es un nutriente esencial en el crecimiento, establecimiento y reproducción de las plantas, este interviene en la fotosíntesis, síntesis proteica, desarrollo radicular y producción de energía (Zhu y Smith, 2001; Cerón y Aristizábal, 2012; Vázquez- Santos, 2019). Este nutriente se encuentra limitado en el suelo de los bosques templados, derivados de cenizas volcánicas, principalmente Andasoles (Vázquez- Santos, 2019). Así mismo el P estuvo relacionado con los valores de pH, según (Barancíková *et al.*, 2004; Roberts *et al.*, 2015) cuando el pH se vuelve más ácido, la disponibilidad del P decrece, como parte de los procesos podogenéticos.

El proceso de regeneración en las coníferas depende de la dispersión de sus semillas, el cual se puede ver favorecido por un dosel abierto que permita la germinación y el establecimiento de plántulas (Wolf, 2005), las condiciones ambientales dependen de la

estructura del dosel modificando el microclima y esto va a determinar el establecimiento de plántulas y el desarrollo de brinzales y latizales (Plateros *et al.*, 2018; Good y Good, 1972).

Esto puede estar relacionado con las diferencias en el número de plántulas que permanecieron en la temporada de secas con una disminución de casi el 50% con relación a las lluvias, lo cual puede depender de múltiples factores, desde el tipo de muestreo, la tasa de crecimiento, mortalidad, depredación, competencia intraespecífica, variables bióticas y antrópicas (Yamamoto, 2000; Villavicencio *et al.*, 2012).

Por otro lado, la permanencia de plántulas puede estar relacionado con la fenología reproductiva de *A. religiosa* donde su dispersión de semillas es en la temporada de secas y los umbrales de germinación son al inicio de la temporada de lluvias (Zetina, 2010) donde el número total de plántulas germinadas no todas superan los meses subsecuentes (temporada de secas), dado que se enfrentan a la falta de humedad en el suelo, y las raíces de las plántulas no llegan a gran profundidad (Ayerde, 2006; Encina *et al.*, 2008).

El estado de la regeneración de las especies arbóreas está determinado por la densidad de plántulas y brinzales (Shuhma *et al.*, 2016), existen algunos trabajos que mencionan diferencias en esta regeneración. Por ejemplo, en el trabajo de González- Molina *et al.* (2003) se reporta un total de 1348 plántulas por ha, en el de Ángeles- Cervantes y López Mata (2009) un total de 1434 en dos ha, Lara González *et al.* (2009), 4240 plántulas por ha y Pineda-López *et al.* 2013 en aproximadamente ocho ha (13 rodales de 625 m²) un total de 5200 presentan un intervalo de plántulas en sus muestreos de 1348 y 5200 plántulas. En este trabajo el intervalo fue 0 a 3842 plántulas en un área aproximada de nueve ha. (15 parcelas de 625 m²) ya que en dos de las parcelas muestreadas no se encontró ninguna plántula, sin embargo, en tres parcelas se concentran la mayor abundancia de plántulas encontrándose en intervalos que van de 740 a 3842 plántulas a pesar de que en los resultados se reflejan sólo el conteo de plántulas de los cuadros de 3x3m². Concretamente en el caso de la parcela S2P10 se encontró un alto número de plántulas en ambos muestreos, ese sitio tiene una alta abundancia la vegetación arbustiva, que podrían servir de nodrizas, evitando la pérdida de humedad en el suelo, y generando microclimas, que son sitios que contienen un ambiente lumínico y humedad necesarias que favorecen el

establecimiento de las plántulas (Razo Zárate, 2013; Palestina *et al.*, 2015; Martínez-Orea *et al.*, 2019).

Lo cual puede dar indicios de que a pesar de que el sitio de estudio se presenta en un bosque con perturbaciones recurrentes, el bosque puede estar teniendo una resiliencia natural (regeneración natural) ya que como menciona González Molina y Piqué (2003) que una buena regeneración para bosques de pino puede ser por arriba de las 2000 plántulas por ha. Por lo tanto, el que se encuentren valores por encima de los números antes mencionados, podría indicar que estas zonas el bosque se puede estar regenerando naturalmente. Aunque no se puede evaluar la regeneración debido a las perturbaciones recurrentes dentro del bosque, se tendrían que hacer monitoreos a largo plazo para poder evaluarla, ya que el número de brinzales y latizales es mucho menor al número de plántulas.

Cabe resaltar que en la mayoría de las parcelas muestreadas se presentó una baja densidad o ausencia de individuos de plántulas y brinzales, estas parcelas se encontraron altitudes cercanas a los 3400 m s.n.m, presentándose en las parcelas que tuvieron valores extremos de temperatura durante el año de muestro, lo cual podría tener un efecto negativo en las plántulas. Sin embargo, la abundancia de los brinzales y latizales fue mayor en estos sitios, esto se puede deber a que posiblemente la heterogeneidad del bosque también genera cambios en los factores que pueden determinar la fenología del bosque y por lo tanto la asincronía de la fenología reproductiva puede generar cambios en los años semilleros del bosque y por otro lado los factores, antropogénicos e historial climático del área puede ser un efecto de ello.

8. CONCLUSIONES

En este trabajo se encontraron 12 especies catalogadas como arbóreas, siendo *Abies religiosa* la especie dominante, seguida por *Pinus aff ayacahuite* que es una especie introducida.

Se encontraron diferencias entre los sitios muestreados en relación con las variables dasonómicas, donde los sitios con menor área basal se presentaron a mayor altitud y los sitios con mayor área basal no necesariamente fueron los lugares donde se registraron el mayor número de plántulas, brinzales y latizales.

Los rastros de incendios y la densidad aparente fueron las variables de disturbio antrópico que mostraron una mayor relación con la regeneración, esto en respuesta a las modificaciones que causan estas perturbaciones en las condiciones del suelo y que a su vez pueden afectar o favorecer la regeneración natural.

De acuerdo con los resultados el bosque de *A. religiosa* de la CRM es un sitio manejado (perturbado) ya que en los tres sitios muestreados se encontró más de una especie arbórea como parte del dosel y el mayor número de especies se encontró en altitudes intermedias.

9. LITERATURA CITADA

- Aguirre C., O., A. 2002 *Índices para la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales*. Rev Cien. For. En Mex. 27 (92) pp. 5- 28.
- Ángeles-Cervantes E., López-Mata L. 2009 *Supervivencia de una cohorte de plántulas de Abies religiosa bajo diferentes condiciones postincendio*. Sociedad Botánica Mexicana 84: 25 -35.
- Almeida Leñero L., Nava M., Ramos A., Espinosa M., Ordoñez M. de J. y J Jujnovsky. 2007. *Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena*, Distrito Federal, México.
- Alvarez- Román K. E. 2000 *Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el bosque de los Dinamos, área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras*, Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ávila- Akerberg, V. D. 2002. *La vegetación de la cuenca del río Magdalena: Un enfoque florístico, fitosociológico y estructural*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 86 pp.
- Ayerde-Lozada D., López-Mata L. 2006 *Estructura poblacional y parámetros demográficos de juniperus fláccida Schltl*. Madera y Bosques 12 (2) 65.76
- Bautista-Sampayo C. 2013 *Estructura del bosque y arquitectura de brinzales de Abies religiosa en Tlaxco, Tlaxcala*, Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Edo de México.
- Bonilla-Valencia L., Martínez-Orea Y., Castillo-Argüero S., Barajas-Guzmán G., Romero-Romero M.A., Díaz-López E.T. 2017. *Reproductive phenology of understory species in an Abies religiosa (Pinaceae) forest in the Magdalena River Basin, Mexico City*. The Journal of the Torrey Botanical Society 144(3): 313–327.
- Brandani A., Hartshorn G. S. y Orians G. H. 1988. *Internal Heterogeneity of Gaps and Species Richness in Costa Rican Tropical Wet Forest*. Jural of Tropical Ecology, 4, 99.119.
- Carabelli, D. Rebottaro. S., y Efron, D. 2006 *Characterization of forest canopy and light microenvironment in stands with management different, using hemispherical photography*. Quebracho No. 13 17-25 pp.
- Carlón- Allende T., Mendoza M. E., Villanueva Díaz J. y Pérez – Salicrup D. R. 2005 *Análisis espacial del paisaje como base para muestreos dendrocronológicos: EL caso de Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. México. Madera y Bosques, 21 (2), 11 -22.
- Castelán M. 2003, *Evaluación de la regeneración natural de pinus patula Schiede ex Schldl. & Cham en el ejido “La Mojonera”, municipio de Zacualtlán, Estado de Hidalgo*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, 95 pp.
- Cerón R.L.E. y Aristizábal G.F.A. 2012. *Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils*. Revista Colombiana de Biotecnología 14(1): 285–295.

- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro*. CONABIO-Instituto de Biología, UNAM. Agrupación Sierra Madre, México.
- Challenger, A., y J. Soberón, 2008, *Los ecosistemas terrestres*, en Capital Natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad, CONABIO, México, pp. 87 -10.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1997. *Estudio de saneamiento del río Magdalena Delegación Magdalena Contreras*, Distrito Federal. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México. Subgerencia de Calidad del Agua e Impacto Ambiental. México. D.F. México. 217 p.
- Cortes-Flores J, Andresen E, Cornejo-Tenorio G *et al* 2013 *Fruiting phenology of seed dispersal syndromes in a Mexican neotropical temperate forest*. For Ecol Manag 289:445–454.
- Cortes-flores, J., G. Cornejo-tenorio, and G. Ibarra-Manriquez. 2015. *Flowering phenology and pollination syndromes in species with different growth forms in a Neotropical temperate forest of Mexico*. Botany-Botanique 93:361–367.
- Cruz-Ruiz E., Cruz-Ruiz A., Aguilera-Gómez L.I., Norman-Mondragón H.T., Velázquez R.A., Nava-Bernal G., Dendooven L. y Reyes Reyes B.G. 2012. *Edaphic Characteristics of a Forest Temperate by Effect of the lands use change*. Terra Latinoamericana 30(2): 189–197.
- Brandani A., Hartshorn G. S. y Orians G. H. 1988. *Internal Heterogeneity of Gaps and Species Richness in Costa Rican Tropical Wet Forest*. Jural of Tropical Ecology, 4, 99.119.
- Farjon, A. 1990. *Drawings and descriptions of genera Abies, Cedrus, Pseudotsuga, Larix and picea*. Koeltz Scientific Books, Internacitonal Association for Plan Taxonomy, República Federal de Alemania. 330pp.
- Encina-Domínguez J. A., Encina-Domínguez F. J., Mata Rocha E., Valdes Reyna J. 2008. *Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de Oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México*. Bol.Soc.Bot.Méx. 83: 13-24 .
- Grubb P. J.1977. *The maintenace of species-richness in plant communities: The Importance of the regeneration niche*. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society (Biol. Rev), 52, 107-145.
- Fernández E., A., F. Uribe, I. Ramírez, B. Apolinar y A. Vásquez. 2002. *Evaluación del avance de la mancha urbana sobre el área natural protegida de la Cañada de los Dinamos*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT. Gaceta Ecológica. No. 62. México. D.F. México. Pp. 56 – 67.
- Ferrusquia- Villafranca, I. 1998. *Panorama of Mexico's Vertebrate Paleontology: The continental Paleogene to Early Neogene Mammal Faunas*: In Avances en Investigación- Paleontología de Vertebrados, Publ. Especial 1, Univ. Auton. Edo. Hidalgo. Inst. Invst. Cienc. Tierra, pp 18-25.
- Fox JW. 2013. *The intermediate disturbance hypothesis should be abandoned*. Trends in Ecology & Evolution 28: 86-92.

- Fujimori, T. 2001. *Ecological and silvicultural strategies for sustainable forest management*. Elsevier Science B. V. Amsterdam, The Netherlands. 398 p.
- Gadow, K. V., Sánchez, O. S. y Álvarez, J. G. 2007. *Estructura y Crecimiento del Bosque*. Göttingen, Alemania: Universidad de Göttingen.
- Galeana-Pizaña José M. Corona-Romero N. Ordoñez-Díaz J. A. B. 2008 *Análisis dimensional de la cobertura vegetal-uso de suelo en la cuenca del río Magdalena*; Ciencia forestal en México. Vol 34. Núm 105.
- Ghazoul, J., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., & King, L. A. (2015). *Conceptualizing forest degradation*. *Trends in ecology & evolution*, 30(10), 622-632.
- González Medrano Francisco 2014 *Las comunidades vegetales de México*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Instituto Nacional de Ecología, Segunda edición Editorial del Deporte Mexicano 247 pp.
- González-Molina J. M., M. Piqué. 2003. *Análisis de la regeneración natural en una masa irregular de Abeto, Pino negro y Pino silvestre*, Bol.Soc.Bot.Méx. 83: 13-24.
- Good NF, Good RE. 1972. *Population dynamics of tree seedlings and saplings in mature eastern hardwood forest*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 99:172-178.
- Guerrero-Vizcaíno C. 2016. *Regeneración de Abies en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*, Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México. 71 pp
- Hawley. R. C. & Smith, D. M.; 1982. *Silvicultura práctica*. Ed. Omega. S. A. Barcelona.
- Husheer, S. W., Robertson, A. W., Coomes, D. A., & Frampton, C. M. 2006. *Herbivory and plant competition reduce mountain beech seedling growth and establishment in New Zealand*. *Plant Ecology*, 183(2), 245-256.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) *Guía para la interpretación de cartografía edafología*, en línea http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/edafo/EDAFI.pdf. Consultado el 12 septiembre 2017
- Jujnovsky J., Mazari H. M., Cantoral U. E., González M. Teresa, Almeida L. L. 2006. *Servicios ecosistémicos de la cuenca del Río Magdalena*. *En la biodiversidad en la Ciudad de México*, Vol. III CONABIO/SEDEMA, México, pp 115-126.
- Lara- González R., Sánchez- Velázquez L. R., Corral- Aguirre J. 2009. *Regeneración de Abies religiosa en claros del dosel versus sotobosque, Parque Nacional Cofre de Perote*, México. *Agrociencia*, 43:739-747.
- López M. A., J Velázquez A. V. González y V. M. Cetina. 1998. *Estado nutrimental de Abies religiosa en un área con problemas de contaminación ambiental*. *Agrociencia* 32: 53 – 59.
- Luna V. 2002. *Indicció de respuesta morfogénica en Abies religiosa (Kunth) Schldl & Cham y A. hickelii Flous & Gausen de la región del Cofre de Perote, Veracruz*. Tesis de maestría. Instituto de Genética Forestal. Xalapa, Veracruz, 72 pp.

- Maini J. S. 1992 *Desarrollo sostenible de los bosques*. Revista internacional de silvicultura de industrias forestales. Unasylba, 2(43) 169.
- Madrigal S., X. 1967. *Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (Abies religiosa H. B. K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México*, Boletín Técnico 18, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México, 94 pp.
- Manzanilla H. 1974. *Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de Abies religiosa*. Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F. México, 165pp.
- Manzo-Mejía N. F. .2018. *Regeneración natural de Abies religiosa en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México, México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias UNAM, 52 pp.
- Matteucci, D. S. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168p.
- 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 en Ciencias Biológica, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Martínez-Orea Y, Castillo-Argüero S., Álvarez-Sánchez J., Collazo-Ortega, M., Zavala-Hurtado A. 2013. *Lluvia y banco de semillas como facilitadores de la regeneración natural en un bosque templado de la Ciudad de México*. Interciencia, vol. 38, núm. 6, junio, 2013, pp. 400-409.
- Martínez-Orea, Y., Castillo-Argüero S., Orozco-Segovia A., Zavala-Hurtado J. A., Bonilla-Valencia L., 2019. *Safe microsites for *Symphoricarpos microphyllus* (Caprifoliaceae) germination, a shrub species with seed dormancy*. Acta Botanica Mexicana 126: 1458.
- Martínez Vela, J. M. 2010. *Caracterización de la estructura horizontal en un bosque húmedo de colina baja entre los distritos de Villa Jenaro Herrera y Yaquerana*, Facultad de Ciencias Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Tesis de licenciatura. Loreto - Perú.
- Mayfield, M.M., Bonser, S.P., Morgan, J.W., Aubin, I., McNamara, S., Vesk, P.A. 2010. *What does species richness tell us about functional trait diversity? Predictions and evidence for responses of species and functional trait diversity to land-use change*. Glob Ecol Biogeogr. 19 (4), 423–431.
- Messier, C.C., K.J. Puettmann, and K.D. Coates. 2013. *Managing Forests as Complex Adaptive Systems: Building Resilience to the Challenge of Global Change*. The Earthscan forest library. Routledge Taylor & Francis Group, London and New York.
- McGowan, G.M., J. Joensalo y R.E.L. Naylor. 2004. *Differential grazing of female and male plants of prostrate juniper (*Juniperus communis* L.)*. Botanical Journal of Scotland 56(1):39-54.
- Morrone, J. J. 2005. *Hacia una síntesis biogeográfica de México*. Revista mexicana de biodiversidad, 76(2), 207-252.

- Mysterud, A. 2006. *The concept of overgrazing and its role in management of large herbivores*. *Wildlife Biology*, 12(2), 129-141.
- Nieto de Pascual Pol., M. C. del C., 2004. *Regeneración del Oyamel (Abies religiosa (H.B.K.) Schltl. Et Cham.) bajo condiciones naturales y controladas*. Tesis de Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias UNAM, 142 pp.
- Norman, J. M. y G. Campbell. 1989. *Canopy structure*. In: Pearcy, R., J. Ehleriger, H. Monney y P. Rundel, eds. *Plant physiological ecology: field methods and instrumentation*, Chapman and Hall. Nueva York. P:301-325.
- Oliver C. D. y Larson B. C. 1996. *Disturbances and stand development. in Forest Stand Dynamics*, John Wiley & Sons, Inc. Cap2, 34 – 35.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. *Situación de los bosques del mundo*. Roma, [www,fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm](http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s00.htm)
- Palestina René A., Equihua M., Pérez Maqueo O. M. 2015. *Influencia de la complejidad estructural del dosel en la reflectancia de datos Landsat tm*. *Madera y bosques* Vol. 21 1: 63-75.
- Pérez –Salicrup D. R. 2006 *Regeneration of Styraax argenteus in natural forest and on plantations of cupressus lindleyi in Michoacan, Mexico*. *Nex Forests*, 32, 231-241.
- Pham, A. T, L. D. E. Grandpré and S. Gauthier. 2004. *Gap dynamics and replacement patterns un the temperate rainforest of southeast. Alaska For. Ecol. Manage.* 1:59:271-291.
- Plateros-Gastélum P. A., Reyes-Hernández V. J., Velázquez-Martínez A., Hernández de la Rosa P., Campos-Ángeles G. V. 2018. *Disponibilidad de luz bajo dosel en rodales de Abies religiosa*. *Madera y Bosques* Vol. 24 núm 3.
- Pineda-López M. R., Ortega-Solis R., Sánchez-Velásquez L. R., Ortiz.Ceballos G, Vázquez-Domínguez G. 2013. *Estructura poblacional de Abies religiosa (Kunth) Schltl. et Cham, en el ejito el conejo del parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México*. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del ambiente*, vol. 19, núm 3, septiembrediciembre, pp 375-385.
- Pizarro H. C. 2012. *Relación del banco y lluvia de semillas con la estructura vegetal del bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena*, Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Pokhriyal, P., Chauhan, D. S., & Todaria, N. P. 2012. *Effect of altitude and disturbance on structure and species diversity of forest vegetation in a watershed of central Himalaya*. *Tropical Ecology*, 53(3), 307-315.
- Ramírez G. A. 2006. *Ecología, Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades, Bogotá*, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 273.
- Razo Zárate Ramón, Gordillo Martínez Alberto J. Rodríguez Laguna Rodrigo, Maycotte Morales César y Acevedo Sandoval Otilio A., 2013. *Estimación de biomasa y carbono almacenado en árboles de oyamel afectados por el fuego en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, México*. *Bosques y Madera* 19(2) 73-86.

- Remmert, H. 1991. *The mosaic-cycle concept of ecosystems*. Springer Verlag. Berlin, Germany, 21p.
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J. 2000. *Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions*. *Divers Distrib.* 6 (2), 93–107.
- Ricker, M.; Daly, D. C. 1998. *Botánica económica en bosques tropicales. Principios y métodos para su estudio y aprovechamiento*. Ed. Diana. México, D. F. 293 p.
- Royo, A. A., Collins, R., Adams, M. B., Kirschbaum C., & Carson, W. P. 2010. *Pervasive interactions between ungulate browsers and disturbance regimes promote temperate forest herbaceous diversity*. *Ecology*, 91(1), 93-105.
- Rzedowski J. 1978. *La vegetación de México*. Edit. LIMUSA, México. 432p.
- Rzedowski J. 1978. Limusa, México D.F. Salazar G. J. G. Vargas H. J. J., Jasso M. J. Molina G. J. D., Ramírez H.U. y López U. J. 1999 *Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de Pinus en edades tempranas*, *Madera y Bosques*, 5:19-34.
- Rzedowski, G. G. de J. Rzedowski y colaboradores .2005. *Flora fanerógama del Valle de México* 2ª. Ed., 1ª. Reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán).
- Rzedowski, J., 2006. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Saavedra- Romero, L. de L., D. Alvarado- Rosales, J. Vergas – Hernández y T. Hernández-Tejeda. 2003. *Análisis de la precipitación pluvial en bosques de Abies religiosa (H.B. K.) Schldt. & Cham. en el sur de la Ciudad de México*. *Agrociencia* 37: 57-64.
- Sánchez-Colón, S. A. Flores-Martínez, La Cruz-Leyva y A. Velázquez, 2009. *Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas*, en *Capital natural de México*, Vol, II: Estado de Conservación y tendencias de Cambio. CONABIO, México, pp 75-129.
- Sánchez, G. A., L. López-Mata y D. Granados-Sánchez. 2005. *Semejanza florística entre los bosques de Abies religiosa (H.B.K) Cham. et Schldt. de la faja Volcánica Transmexicana*. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía- UNAM. 56: 62-76.
- Sánchez- Velásquez Lázaro Rafael, Hernández – Martínez Amador, 1991. *Distribución y Estructura de la población de Abies religiosa (H.B.K.) Schl. Et Cham., en el Cofre de Perote, estado de Veracruz, México*. *Acta botánica* 16: 45-55.
- Santibáñez- Andrade, G. 2009. *Composición y estructura del bosque de Abies religiosa en función de la heterogeneidad ambiental y determinación de su grado de conservación en la cuenca del Río Magdalena, México.*, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 134 pp.
- Santibanez-Andrade, G., Castillo-Arguero, C., Pena-Vega, E.V., Cisneros-Lindig, R., et al., 2015. *Structural equation modeling as a tool to develop conservation strategies using*

environmental indicators: the case of the forests of the Magdalena river basin in Mexico City. Ecol. Indic. 54, 124e136.

Serrada H. R. 2003. *Regeneración natural: situaciones, concepto, factores y evaluación.* Cuad. Soc. Esp. Cien. For., 15, 5 – 11.

Solís Sánchez. J., Blanco García A., Sáenz Romero C., Méndez Toribio M. y López Toledo L. 2018. *El cambio Climático y las coníferas mexicanas* Biodiversitas, num 141 CONABIO, Ciudad de México, pp7.

Spies, T. A. and J. F. Franlin. 1989. *Gap characteristics and vegetation response in coniferous forest of the pacific Northwest.* Ecology 70:543-545.

Spurr, H. y B. V. Barnes. 1982. *Ecología Forestal.* 3ª Ed. AGT. Editor, S. A. Country. pp: 362-375.

Sushma Singh, Zubair A. Mailk, Chandra M. Sharma (2016) *Tree species richness, diversity, and regeneration status in different oak (Quercus spp.) dominate forest of Gorhwal Himalaya, India,* Journal of Asia-Pacific Biodiversity 9 pp 293-300.

Tovar- Bustamante E. G. 2017. *Estructura y composición de la comunidad de macromicetos del bosque de Abies religiosa de la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx México.* Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México pp 68.

Tipper R. 1998. Update on carbón offsets. Tropical Forest Update 8(1) 2-5 Young KR, Ewlll JJ, Brown BJ (1987) *See dynamics during forest succession in Costa Rica Vegetatio* 71: 151-173.

Vázquez- Santos Yasmin 2019 Efecto de la concentración de fósforo en la asociación micorrízica arbuscular y el crecimiento de *Acaena elongata* L. (Rosaceae), en un bosque templado de la Cd. Mx., México, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias. UNAM.

Vieira DL, Scariot A. 2006 *Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration.* Restor Ecol. 14: 11-20.

Villavicencio, R., Santiago, A. L., Godínez, J. J., Chávez, J. M., & Toledo, S. L. 2012. *Efecto de la fragmentación sobre la regeneración natural en la Sierra de Quila, Jalisco.* Revista Mexicana Ciencias Forestales.

Warner, P. J., & Cushman, J. H. 2002. *Influence of herbivores on a perennial plant: variation with life history stage and herbivore species.* Oecologia, 132(1), 77-85. doi: 10.1007/s00442-002-0955-z.

Wolf Jan H. D. 2005. *The Response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forest in highlands of Chiapas, Mexico,* Forest Ecology and Management 212 376-393

World Wild Fund. WWF. 2004. *Manual de inventario forestall integrado para unidades de manejo: Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala.* Serie técnica No. 4, WWF Centroamérica Fondo Mundial para la Naturaleza, 49.

Worrall K. J. T. D., Lee, T.T. Harrington. 2005. *Forest dynamics and agents that initiate and expand canopy gaps in Picea – Abies forest of Crawford Notch, New Hampshite, USA.* J. Ecol. 93: 178-190.

- Yamamoto, S. 2000. *Forest gap dynamics and tree regeneration*. *Journal of Forest Research*, 5(4): 223-229.
- Zarco- Espinosa, V. M., J. I., Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo – Acosta. 2010. *Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca*, Macuspana, Tabasco, *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 26 (1): 1-17.
- Zetina-Galván J. 2010. *Crecimiento y supervivencia de Abies religiosa (H.B.K.) SCHLTDL. & CHAM. Bajo diferentes tratamientos de cobertura vegetal, en San Nicolas Totolapan*. D.F. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM, 66 pp.
- Zhu Y.G. y Smith S.E. 2001. *Seed phosphorus (P) content affects growth, and P uptake of wheat plants and their association with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi*. *Plant and Soil* 231: 105–112.

ANEXO 1

Cuadro 5. Variables físicas y ambientales en las diferentes parcelas estudiadas

No. Sitio	Variables físicas						Variables ambientales								
	Coord X	Coord Y	Altitud	Expos	Grado de pendiente	Tem (C°)	Luz FSG (mols%)	Apertura del dosel (FAD)	Hum-suel (%)	pH	CE	M.O. (%)	N*	P	Nt
S1P1	467517	2129821	3450	330	24.6667	6.7339	14.02	10.9025	49.8492	5.46666	0.08924	28.2159	1.41079	5.33333	0.9817
S1P2	467542	2129830	3450	320	15.1667	6.7339	12.225	10.76	49.0869	5.53333	0.08342	29.6714	1.48357	5	0.86976
S1P3	467527	2129784	3458	330	32.6667	6.7339	12.7525	9.15333	48.985	5.26666	0.14939	34.7044	1.73522	7.66667	0.92775
S1P4	467558	2129798	3467	330	19.6666	6.7339	14.2225	15.22	45.3737	5.43333	0.07372	26.0123	1.30061	5	0.72337
S1P5	467592	2129630	3449	130	33	6.73391	16.555	8.4075	47.279	6	0.08342	23.1807	1.15903	7	0.69365
S2P6	468761	2129934	3046	85	4.5	9.31573	18.0975	6.91	37.7991	6.13333	0.07101	22.6232	1.13116	6.66667	0.61414
S2P7	468757	2129974	3099	85	10.3333	9.33062	19.125	5.74	42.7078	6	0.0516	21.0622	1.05312	5	0.65451
S2P8	468670	2129945	3144	85	18.8333	9.14674	17.9525	8.12	43.6561	6.33333	0.0776	26.3927	1.31963	6.66667	0.72192
S2P9	468684	2129942	3158	85	14.3333	9.3853	16.9475	13.405	47.1614	6.06667	0.06169	32.0385	1.60192	6.66667	0.7311
S2P10	468600	2130062	3202	85	21.6666	9.3572	19.2375	6.795	43.0777	6.13333	0.07217	24.7236	1.23618	20.6667	0.78376
S3P11	469954	2129724	3122	20	17.5	10.3596	16.7675	4.85333	46.6237	6.13333	0.08536	24.3366	1.21683	5	0.78642
S3P12	469950	2129716	3146	45	25	9.98061	17.66	4.76	43.8921	6.46667	0.10477	22.376	1.1188	7.33333	0.6219
S3P13	469951	2129793	3141	25	16.3333	9.98061	18.355	10.23	42.159	6.23333	0.09312	24.331	1.21655	5.66667	0.68592
S3P14	469944	2129814	3129	20	21.1667	9.91086	13.4575	6.07	39.8066	6.1	0.06984	18.4996	0.92498	5	0.60475
S3P15	469640	2129958	3092	30	16.5	10.15338	11.715	8.91	40.2301	5.86667	0.06014	17.048	0.8524	6	0.47356

ANEXO 2

Cuadro 6. Datos de disturbios

Disturbios												
Excretas	Caminos.gana	Plantas.ramo	Deshierve	incendio	Basura.inorg	Basura.orgar	Deforestaci	Eresion	Distancia.camino	Densidad.aparente		
2	2	2	2	3	0	1	2	5	0	0.101666667	2.616009383	
2	1	1	4	4	0	2	0	4	0	0.111666667	3.546568161	
2	1	2	2	2	0	1	3	3	2	0.31775	2.736119876	
0	1	5	4	4	0	1	2	3	2	0.45	3.270204534	
1	0	2	1	1	1	3	2	1	5	5	3.147123414	
3	3	2	2	2	0	3	1	2	2	0.0565	4.07391776	
2	5	4	3	3	0	3	1	2	2	0.0635	4.039534613	
1	5	3	4	4	0	2	1	2	1	0.23875	5	
0	2	2	3	3	0	0	2	2	1	0.144166667	3.567641477	
3	0	2	1	1	1	0	1	2	1	0.18	4.30738189	
0	3	1	3	3	0	0	2	1	1	0.141666667	3.97072308	
0	1	0	0	0	0	0	3	2	1	0.058333333	3.93076718	
2	2	1	2	2	0	0	1	2	0	0.066666667	3.660073708	
0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.066666667	4.001339778	
0	4	2	4	4	0	2	2	4	1	0.079166667	4.084559859	

ANEXO 3

Cuadro 7. Número de plántulas, brinzales y latizales encontrados en los tres cuadros de 3X3 m delimitados en cada una de las parcelas y el número árboles encontrados en las parcelas de 625 m².

No. Sitio	Plántulas lluvias	Plántulas secas	Brinzales	Latizales	Árboles
S1P1	5	4	4	4	20
S1P2	7	1	0	3	37
S1P3	1	0	20	1	20
S1P4	2	2	2	4	30
S1P5	2	0	0	0	34
S2P6	21	11	12	1	58
S2P7	19	12	0	1	30
S2P8	4	2	1	1	38
S2P9	10	8	13	2	38
S2P10	97	69	8	0	31
S3P11	37	0	0	2	36
S3P12	0	0	0	2	32
S3P13	0	2	0	2	12
S3P14	33	0	0	0	33
S3P15	58	7	4	3	33