



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Regeneración natural de *Abies religiosa* en la  
cuenca del río Magdalena, Ciudad de México,  
México**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A:**

**NANCY FERNANDA MANZO MEJÍA**



**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO**

**Cd. Universitaria, CD. MX. 2018**



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

Manzo  
Mejía  
Nancy Fernanda  
56-38-04-26  
Universidad Nacional Autónoma  
de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
308243330

### 2. Datos del tutor

Dra.  
Silvia  
Castillo  
Argüero

### 3. Datos del sinodal 1

Dra.  
María Cecilia del Carmen  
Nieto de Pascual  
Pola

### 4. Datos del sinodal 2

Dr.  
Cesar Mateo  
Flores  
Ortiz

### 5. Datos del sinodal 3

Dra.  
Mariana  
Hernández  
Apolinar

### 6. Datos del sinodal 4

Dra. María Guadalupe  
Barajas  
Guzmán

### 7. Datos del trabajo escrito

Regeneración natural de Abies  
religiosa en la cuenca del río  
Magdalena, Ciudad de México,  
México.  
52 p.  
2018

## DEDICATORIA

A mis padres **Luz Ma. Marta** y **José Germán** con mucho cariño y amor, ya que sin todo su apoyo no estaría hoy aquí terminando una etapa más en mi vida. Gracias por todo su esfuerzo y su preocupación. Los amo muchísimo

A mis hermanos **Juan Carlos** y **Lucero Paris** que me apoyaron y motivaron a concluir con mi carrera y esforzarme mucho más. Gracias por convertirme en una ñoña y dar lo mejor siempre.

A mis tías **Alma, Maura y Luisa** que confiaron en mí y que a pesar de que me he distanciado un poco no quiero que olviden lo mucho que las quiero y lo importantes que han sido para mí durante esta etapa y las que siguen adelante

A mis amigos **Dani** e **Isabel** por convertir mi experiencia en la universidad en la mejor de todas con innumerables experiencias, aventuras y desveladas. Gracias por todo su apoyo y por continuar a mi lado a pesar de todo.

Al taller “Evaluación de los bosques templados del cinturón volcánico transmexicano” principalmente a sus profesores quienes me brindaron todo su apoyo y conocimiento durante esta etapa con todas sus revisiones y sugerencias sobre este trabajo.

A mi tutora Silvia Castillo Argüero por soportarme semestre tras semestre, por apoyarme una y otra vez y porque nunca se dio por vencida para verme finalmente aquí, concluyendo mi carrera. Gracias de corazón por su apoyo

A la M. en C. Yuriana Martínez Orea por todo su apoyo y comprensión, por sus observaciones y por ayudarme en todo momento cuando más lo necesitaba. Gracias por ser más que una profesora para mí.

A cada uno de mis sinodales por las aportaciones y recomendaciones a este trabajo y que a su vez que contribuyeron a mi desarrollo profesional

A todos mis compañeros que me ayudaron en los muestreos de campo: Victor, Adrian, Yeimi, Lety, Lau.

A mis abuelos **Rafael y Macrina**, tal y como se los prometí finalmente he concluido con una etapa más en mi vida y seguiré a delante con todas las enseñanzas que me han brindado y sus sabios consejos.

Y por ultimó pero no menos importante...

A ti!!!! **Armando** por apoyarme a pesar de todo, por motivarme día a día a ser mejor persona, a dar más de mí y a creer en mí misma. Gracias de todo corazón por estar a mi lado en todo momento sin importar nada, por aceptarme como soy y porque sin ti no habría tenido el valor para concluir finalmente esta etapa en mi vida. Por muchas más aventuras juntos...

# INDICE

---

## **RESUMEN**

### **1. INTRODUCCIÓN**

- 1.1. Regeneración natural
- 1.2. Latencia y Germinación
- 1.3. Crecimiento y supervivencia

### **2. JUSTIFICACIÓN**

### **3. OBJETIVOS**

- 3.1. Objetivo General
- 3.2. Objetivos particulares

### **4. HIPÓTESIS**

### **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

- 5.1. Descripción del área de estudio
- 5.2. Descripción de *Abies religiosa*
- 5.3. Selección de las parcelas
- 5.4. Trabajo de campo y análisis de datos
- 5.5. Factores ambientales

### **6. RESULTADOS**

### **7. DISCUSIÓN**

### **8. CONCLUSIONES**

### **9. BIBLIOGRAFÍA**

# INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

---

## FIGURAS

**Figura 1.-** Semilla de *Abies religiosa*.

**Figura 2.-** Ubicación de las zonas de trabajo en el bosque de *Abies religiosa*.

**Figuras 3 y 4.-** Ubicación de las trampas colocadas en el bosque de *Abies religiosa*.

**Figura 5.-** Esquema metodológico del trabajo en campo de la cuenca del río Magdalena.

**Figuras 6 y 7.-** Ubicación de la cuadrícula de 12x12 cm para el seguimiento de la supervivencia de las plántulas.

**Figura 8.-** Valores de la densidad de semillas por zona.

**Figura 9.-** Zona 1. Valores de la densidad de semillas en trampas para cada una de las zonas. Dónde: AC (Aledañas al camino) IB (Interior del bosque).

**Figura 10.-** Zona 2. Valores de la densidad de semillas en trampas para cada una de las zonas. Dónde: AC (Aledañas al camino) IB (Interior del bosque).

**Figura 11.-** Zona 3. Valores de la densidad de semillas en trampas para cada una de las zonas. Dónde: AC (Aledañas al camino) IB (Interior del bosque).

**Figura 12.-** Valores de la densidad de plántulas para cada una de las zonas.

**Figura 13-** Porcentaje de supervivencia para cada una de las zonas.

**Figura 14.-** Zona 1. Porcentaje de supervivencia en trampas. En donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

**Figura 15.-** Zona 2. Porcentaje de supervivencia en trampas. En donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

**Figura 16.-** Zona 3. Porcentaje de supervivencia en trampas. En donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

**Figura 17.-** Estructura de tamaños Zona 1. Donde IB (Interior del Bosque) AC (Aledaño al Camino).

**Figura 18.-** Estructura de tamaños Zona 2. Donde IB (Interior del Bosque) AC (Aledaño al Camino).

**Figura 19.-** Estructura de tamaños Zona 3. Donde IB (Interior del Bosque) AC (Aledaño al Camino).

**Figura 20.-** Tasa Relativa de Crecimiento por zona. Donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

**Figura 21.-** Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de factores evaluados y once variables ambientales en la cuenca del río Magdalena.

## CUADROS

**Cuadro 1.-** Supervivencia en las tres zonas.

**Cuadro 2.-** Resultados de las correlaciones entre los factores evaluados y once variables ambientales en la cuenca del río Magdalena.

**Cuadro 3.-** Resultados de la Prueba Monte Carlo.



# RESUMEN

---

Los atributos de *Abies religiosa* han hecho que sea motivo de constantes investigaciones que favorezcan las etapas y procesos de su establecimiento y desarrollo, lo que está asociado a la necesidad de incorporar nuevos criterios para un manejo forestal que no solo tiene que ver con los logros económicos, sino también, por la relevancia ecológica de las zonas forestales como proveedoras permanentes de servicios ambientales.

En el presente estudio se evaluó la regeneración natural de *Abies religiosa* a partir de la cuantificación de semillas, su germinación y número de plántulas supervivientes de tres zonas con diferentes condiciones de luz y humedad durante un periodo de un año.

En cada zona se establecieron cuatro parcelas de 10 x 10 m; dos de ellas ubicadas al interior del bosque (IB) con un dosel más denso y conservado, y dos más aledañas al camino (AC) con un dosel más abierto y con signos de disturbio para monitorear el crecimiento y dentro de cada parcela se colocaron 6 trampas circulares de 50 cm de diámetro con una distribución aleatoria, para el monitoreo de la germinación y la supervivencia. Además, se midieron la luz a través del dosel, las propiedades edáficas, la temperatura y la humedad.

Los resultados mostraron una mayor densidad de semillas y de plántulas en las parcelas IB para las tres zonas, pero las que presentaron una mejor TRC y supervivencia fueron las AC principalmente en la zona 2 en la cual se presentó una correlación con los nutrientes del suelo más clara así como con la temperatura y la altitud, lo que favoreció el crecimiento de las plántulas.

Éste estudio sirve para establecer algunas estrategias de manejo para la regeneración natural de *Abies religiosa* dentro de la cuenca del río Magdalena en sus etapas más vulnerables como son la germinación y el establecimiento.

# INTRODUCCIÓN

---

La condición de México, como país megadiverso, es ampliamente conocida en el mundo, donde los ecosistemas de regiones templadas contribuyen significativamente en la conformación de la diversidad biológica del país. Esto es debido a que su historia biogeográfica se asocia con eventos muy antiguos, y con repetidos procesos de expansión y contracción. Todo ello ha creado un complicado mosaico de especies y de ambientes. Estos procesos han sido especialmente importantes en las regiones de mayor altitud en México, en las que el relieve geográfico es pronunciado y ha contribuido a la evolución de ambientes únicos, caracterizados no solamente por su importancia biológica, sino también por su belleza y su contenido de especies endémicas (Sánchez, 2003).

Los bosques templados (de pinos y encinos, oyameles y los llamados mesófilos de montaña) albergan especies de alto interés económico, de gran importancia para la vida cotidiana y para la cultura de las comunidades rurales, además de presentar especies endémicas. Los bosques templados son relevantes debido a los servicios ecosistémicos que proporcionan, los cuales agregan valores diversos a la riqueza biológica de México (Sánchez, 2003).

## **1.1 Regeneración natural**

En los bosques como en cualquier otro ecosistema, la regeneración natural tiene una función fundamental en la conservación y su estudio es primordial para entender los procesos de sustitución de especies dentro de una comunidad vegetal; en términos generales, la regeneración natural es una serie de procesos dinámicos, por la cual nuevos individuos se incorporan a la población después de cualquier alteración y se sustenta en tres componentes: la entrada de propágulos a través de la lluvia de

semillas, el almacenamiento de los mismos ya sea en un banco o en el suelo o en la planta madre, y por último, el brote de estructuras subterráneas o perennes aéreas (Young *et al.*, 1987; Cristiane, 2012; Martínez-Orea *et al.*, 2013).

La regeneración de las masas forestales depende en gran medida del comportamiento reproductivo de las especies arbóreas, considerando la producción de semillas, su dispersión y su establecimiento como los eventos más importantes en la regeneración natural sin la intervención humana (Pieter, 1988; May, 2001).

El período de regeneración no concluye hasta que los árboles jóvenes se han establecido en número suficiente en el lugar y son libres de crecer en altura a una velocidad satisfactoria. Cuando los brinzales crecen con rapidez, sin la competencia de plantas de crecimiento más rápido, esta parte final del período de regeneración es corta, pero si crecen muy lentamente, los brinzales son suprimidos por la vegetación dominante, por lo que el establecimiento verdadero de la repoblación puede requerir una década o más (Hawley y Smith, 1972; Castelán, 2003).

Manzanilla (1974) señala que cualquier bosque se regenera en respuesta a un disturbio, ya sea a pequeña escala (la caída de uno o varios árboles) o a gran escala (la destrucción de áreas extensas de bosque como resultado de incendios o huracanes), esto ocurre porque los árboles jóvenes requieren de luz, agua y nutrientes, recursos controlados por los árboles que forman el dosel en un bosque cerrado.

Hawley y Smith (1982) enumeraron los pasos o etapas de la regeneración natural de los que se pueden deducir los factores que sobre ella influyen: 1) provisión de semillas (madurez y densidad del arbolado, fertilidad del suelo y en algunos caso la alternancia entre la producción abundante de semillas, dependiendo de la especie); 2) dispersión de las semillas

(depredación, tipo de dispersión: viento, animales, gravedad, agua, entre otros); 3) germinación (absorción de agua, temperatura, luz, oxígeno en el suelo, depredación, competencia con herbáceas); y 4) la supervivencia de las plántulas durante el primer año (plagas, enfermedades, depredación, exceso o falta de luz según los requerimientos de las especies, heladas y sequías) (Serrada, 2003).

Dichos factores operan en momentos diferentes del ciclo de regeneración, por ello los estudios muestran a la regeneración natural como una secuencia de etapas, desde la formación y dispersión de las semillas a la supervivencia y el crecimiento de las plántulas (Eriksson y Ehrlen, 1992; Herrera *et al.*, 1994; Clark *et al.*, 1999; Tiscar, 2007; Martínez- Orea *et al.*, 2013).

## **1.2 Latencia y germinación**

La formación de la semilla es la culminación del proceso de reproducción, una vez completado el proceso de desarrollo de las semillas se encuentran listas para su dispersión, en este sentido las plantas se han adaptado y han desarrollado múltiples estrategias de dispersión, todas ellas con el propósito de maximizar las oportunidades de alcanzar un sitio adecuado para su germinación y establecimiento (Ziegler, 1981, López-Valdez *et al.*, 2014). Sin embargo, las condiciones de temperatura, de humedad y de concentración de gases no siempre son favorables, y en respuesta a ello las semillas han desarrollado a su vez estrategias para postergar su germinación, estrategias que en términos generales se conoce como latencia, dormancia o letargo (Varela y Arana, 2011).

El nivel de latencia varía con la procedencia de las semillas e incluso dentro del mismo lote, de manera que, en condiciones naturales, la emergencia de las plántulas ocurre en “pulsos” en un intervalo de espacio y de tiempo. Este fenómeno favorece el establecimiento y aumenta las

posibilidades de regeneración y supervivencia de las especies. (Varela y Arana, 2011).

La germinación involucra por definición, todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de las cubiertas seminales (Varela y Arana, 2011). La germinación puede inhibirse o retrasarse debido a una gran variedad de causas, entre las cuales está una baja capacidad de absorción de agua por parte de la semilla, inmadurez fisiológica del embrión presencia de factores químicos que controlan de manera endógena la germinación, entre otras. (Hilhorst *et al.*, 1998, López-Valdez *et al.*, 2014).

En el caso específico de *Abies religiosa* las inflorescencias femeninas se concentran principalmente en la parte superior de la copa y maduran muy rápido, a partir del mes de noviembre del mismo año de la fecundación ya poseen semillas capaces de germinar y a fines de diciembre de ese mismo año se disemina al comenzar a desintegrarse los conos. Esta desintegración es favorecida por lluvias ligeras seguidas de una fuerte insolación y se prologa hasta marzo de año siguiente. (Madrigal, 1967; Castro, 2013). Debido a esto la pérdida de la viabilidad puede presentarse tres semanas después de la dispersión, por lo que la mayor parte de la germinación se produce en el primer año desde su dispersión (Nieto de Pascual *et al.*, 2003), y está muy correlacionada con el diámetro del embrión y en menor medida con su longitud y la del endospermo.

### **1.3 Crecimiento y supervivencia**

La vida de las plántulas es un largo y vulnerable proceso dentro de la regeneración natural, pues se llevan a cabo relaciones inter e intraespecíficas al competir por la disponibilidad de luz que llega al

sotobosque, junto con la disponibilidad de agua y nutrientes, (Ponge *et al.*, 1998). Debido a esta competencia se presenta una severa mortalidad, misma que se ha asociado al vigor propio de las plántulas en términos de raíz y diámetro de tallo y de la acción de la sombra y de los agentes letales (Harcombe, 1987; Zetina, 2010).

El crecimiento en las plantas puede definirse como la incorporación de biomasa; la cual interactúa con los procesos de fotosíntesis, translocación de nutrientes, respiración y absorción de agua e incorporación de nutrientes, la combinación de estos factores en mayor o menor medida producirá una diferencia en el tamaño de cada individuo (Montes, 2006). Las diferencias en el tamaño de las plantas son debidas también a la heterogeneidad ambiental, los parásitos, los patógenos, los herbívoros y la cobertura vegetal (Padilla, 1987).

Existe una correlación positiva entre los niveles de luz y la tasa de crecimiento de especies vegetales. Donde la intensidad de la luz, calidad y duración de la exposición a la luz y el fotoperiodo al influir de modo determinante en la temperatura y humedad del suelo, de acuerdo a lo mencionado por Gordon y Rice (2000). A su vez, los niveles de luz en los sitios están correlacionados negativamente con el contenido de humedad del suelo (Mountford *et al.*, 2006). Los patrones de distribución espacial de la regeneración natural dentro de los claros también se encuentran en cierta medida relacionados a los requerimientos de luz de las especies (Gray y Spies, 1996; Mountford *et al.*, 2006). Estos patrones de distribución espacial, pueden llegar a ser modificados por variaciones en la topografía y forma de los claros.

Dentro de los principales factores que influyen el establecimiento de *Abies religiosa* se encuentran:

- La luz, influye sobre los procesos fisiológicos de las plántulas porque se relaciona con la capacidad fotosintética como fuente principal de energía (Devlin, 1976). En el caso de los bosques dominados por especies del género *Abies* a diferentes latitudes, se ha documentado que su nicho de regeneración natural es bajo la sombra del sotobosque (Jaworski *et al.*, 2007; Grassi y Bagnaresi, 2001; Kuceravá *et al.*, 2013). Lo anterior, es resultado de complejas interacciones a nivel de las hojas y de la planta en respuesta a la luz, nutrientes y disponibilidad de agua lo que permite sobrevivir y maximizar las ganancias de carbono bajo el dosel del bosque (Messier *et al.*, 1999).
- El dosel, atenuando significativamente la cantidad de radiación fotosintéticamente Activa (RAFA) que llega al piso forestal. Es ampliamente reconocido que bajo el dosel del sotobosque se genera un microclima que se halla fuertemente regulado por la cantidad y la calidad de radiación solar que ingresa al mismo, presentando a nivel de suelo una alta variabilidad espacial y temporal. La RAFA además de su contribución directa al proceso de la fotosíntesis en las plantas del sotobosque regula directamente las características microclimáticas bajo dosel, algunas de dichas características son: temperatura del aire, humedad relativa, temperatura y contenido hídrico del suelo, que a su vez influyen sobre la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes (Cabrelli *et al.*, 2006).
- La vegetación, refiriéndose principalmente al sotobosque el cual se puede definir como el estado vegetal que se haya más cerca del piso forestal integrándose por herbáceas, arbustos y renuevos de las especies del dosel (Nieto de Pascual, 2004); los cuales compiten por la

captación de recursos siendo los principales los que se involucran en la producción fotosintética: luz solar, agua, oxígeno y los nutrimentos presentes en el sustrato.

- El suelo, el cual es fundamental en la regeneración de las especies, en virtud de que representa el sustento nutricional y su soporte físico del bosque. Es de tal complejidad y vulnerabilidad que una vez que pierde su calidad, derivada de una desequilibrada composición física y química, no es fácil restituirla, pues es la propia demanda de los organismos involucrados la que regula las concentraciones de los distintos minerales (Nieto de pascua, 2004).

Los juveniles de este género muestran una plasticidad a diferentes niveles de luz y procesos de aclimatación de los mismos, pudiendo tomar ventaja de la relativamente abundante luz bajo el dosel de algunas especies, lo que determina su comportamiento (Robakowski *et al.*, 2001; Carter *et al.*, 2014).



# JUSTIFICACIÓN

---

Los bosques de la cuenca de México rodean uno de los mayores complejos urbanos del mundo: la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, la cual ha estado sujeta a perturbaciones antropogénicas desde tiempos precolombinos. Las perturbaciones más importantes han sido ocasionadas por los desmontes y la extracción inmoderada (Rzedowski, 1978), los incendios y el pastoreo (Manzanilla, 1974; Velázquez, 1994; Challenger, 1998), la contaminación atmosférica, las plagas y enfermedades (Alvarado-Rosales y Hernández-Tejada, 2002). Esta serie de factores impide tener una idea precisa de las condiciones de la vegetación en su forma original (Zetina, 2010).

Los bosques templados en la cuenca del río Magdalena presentan un mosaico de vegetación particular debido a factores como la orientación y a pendiente de las laderas propias de las cadenas montañosas (Santibáñez-Andrade, 2009). A su vez conserva bosques que brindan numerosos servicios ecosistémicos como la captación de CO<sub>2</sub>, la filtración de agua, la provisión de madera y alimento; del mismo modo la retención el suelo frente a la erosión y proporcionan un área de esparcimiento que contribuye al embellecimiento del paisaje de la ciudad más poblada del país (Challenger, 2003).

Los desmontes y la tala inmoderada constituyen los mecanismos más importantes mediante los cuales el ser humano afecta al bosque de *Abies religiosa*, los cuales se realizan fundamentalmente con el propósito de utilizar el terreno para fines agrícolas y van haciendo que las extensiones forestales disminuyan. Es por esto que Islas (1987) y Pieter (1988) consideran a la regeneración natural como un proceso primordial para mantener la diversidad de especies y los ecosistemas en su conjunto y que de acuerdo al estado o condición en las que se encuentren, otorgan

mayores o menores beneficios sociales y económicos (May, 2001). Por esto mismo es importante estudiarla y caracterizar cada una de sus etapas debido a que es base fundamental para conocer la dinámica del bosque, asegurar la permanencia futura de las especies en el bosque y la sustentabilidad de los bosques en cuanto al manejo forestal haciendo énfasis en su capacidad de regeneración en forma natural.

El presente trabajo forma parte del proyecto “Determinación del grado de conservación del Bosque templado de la cuenca del río Magdalena”, Ciudad de México, el cual está generando información ecológica para ofrecer una visión amplia de la dinámica de los bosques de la cuenca del río Magdalena y con ello proponer medidas de restauración efectivas. Por lo que conocer cómo se da la regeneración natural de *Abies religiosa* y bajo qué condiciones se puede establecer la especie óptimamente sin necesidad de eliminar el sotobosque es de suma importancia para poder hacer propuestas de manejo.

# OBJETIVOS

---

## **Objetivo general**

- Evaluar la regeneración natural de *Abies religiosa* en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México, para determinar el potencial de conservación de este bosque a partir de recursos propios de la especie en el lugar.

## **Objetivos particulares**

- Conocer la densidad de semillas de *Abies religiosa* y evaluar su germinación en campo en tres zonas contrastantes.
- Determinar las tasas de supervivencia de las plántulas de *Abies religiosa* de las tres zonas estudiadas en el transcurso de un año.
- Monitorear por un año el crecimiento de plántulas de *Abies religiosa* bajo las zonas estudiadas.

# HIPOTESIS

---

Ho: La germinación, el crecimiento y la supervivencia de *Abies religiosa* serán mayores en las zonas en donde el dosel sea más cerrado debido a que esta especie permanece varios años en el sotobosque, en comparación con las zonas en las que existan grandes aperturas del dosel permitiendo una entrada directa de la luz modificando la humedad y temperatura de los sitios y afectando así mismo a las características del suelo como el pH, la materia orgánica, el potasio, el fosforo y la conductividad eléctrica.

# MATERIAL Y MÉTODO

---

## 5.1 Descripción del área de estudio

La cuenca del río Magdalena (CRM) en la Ciudad de México está ubicado dentro del Eje Volcánico Transmexicano y la Sierra de las Cruces (Álvarez, 2000), en un intervalo altitudinal de 2,570 m s.n.m en el noreste (límite del área ecológica con la urbana) a los 3,850 m s.n.m al suroeste. Abarca parte de las delegaciones políticas Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa (Ávila-Akerbeg, 2002). Colinda al SE con la cuenca del río Eslava, al NO con las cabeceras de las cuencas de los ríos Hondo, Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Miguel (Álvarez, 2000). La extensión total del área es de aproximadamente 2,925 ha (Ávila-Akerbeg, 2002).

En la CRM, existe una riqueza florística de 87 familias con 251 géneros y 487 especies de flora, lo cual representa un 25% de la diversidad de plantas de la cuenca del valle de México y un 2.2% del total de la flora del país. (Almeida-Leñero *et. al.*, 2007; Martínez, 2011).

El bosque de *Abies religiosa*, u oyamel como se conoce coloquialmente, es perennifolio, denso y estructuralmente el dosel alcanza los 20 a 30 m de altura. Dentro de la cuenca ocupa una extensión de 1,130 ha, equivalentes al 37.8% de la superficie total (Pizarro, 2012). En la misma región, se distribuye en un gradiente altitudinal que abarca de los 2,900 hasta los 3,500 m s.n.m en terrenos cuya pendiente varía en un intervalo de 0°-50° y con orientaciones de N, NO y E. (SMA, 2008, Santibáñez-Andrade, 2009).

*Abies religiosa* se encuentra en asociación con *Alnus jorullensis* H.B.K, *Cupresus lusitanica* Mill., *Quercus laurina* Humb & Bonpl., *Salix paradoxa* H.B.K., *Pseudotsuga macrolepis* Flous, *Garrya laurifolia* Benth.,

*Prunus serotina* Ehrh., *Pinus hartwegii* Lindl. y *P. montezumae* Lamb. (Santibáñez-Andrade, 2009).

El bosque de oyamel presenta el clima Cb' (w<sub>2</sub>)(w)(b')i g. templado subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual entre los 5 y 12° C, con oscilación térmica menor a 5° C (García, 1987). Y una precipitación media anual entre los 1000 y los 1500 mm. (Álvarez, 2000). El suelo es de tipo litosol y andosol húmico, profundo, bien drenado, rico en materia orgánica, de textura franco-arenosa, con rocosidad promedio de 18%, húmedo la mayor parte del año; está cubierto casi en su totalidad por musgos y líquenes, las trepadoras son escasas (Nieto de Pascual, 1995; Rzedowski, 2001; García 2004; Santibáñez-Andrade *et al.*, 2015; Pizarro, 2012).

El estrato arbustivo y el herbáceo presentan una cobertura del 30% y 10% respectivamente, con una altura de 2 a 3 m, compuesto por especies como: *Acaena elongata* L., *Symphoricarpos microphyllus* H.B.K., *Ageratina glabrata* (H.B.K) King & Rob., *Senecio angulifolius* DC., *S. platanifolius* Benth., *S. barba-johannis* DC., *S. sanguisorbae* DC., *Brachypodium mexicanum* (Roem. & Schult) Link., *Sigesbeckia jorullensis* Kunth., *Alchemilla procumbens* Rose. y *Salvia elegans* Vahl. De entre estas, *Acaena elongata* L. es la especie dominante que funge como indicadora de perturbación (Ávila-Akerberg *et al.*, 2008). Es importante mencionar que la densidad de la cubierta arbustiva herbácea, si bien es escasa en condiciones naturales, aumenta considerablemente bajo disturbio (Rzedowski, 2001; Pizarro, 2012).

La estructura, composición, diversidad y distribución de este tipo de bosque se ha visto afectada por la tala clandestina, los incendios forestales, ganadería extensiva y el crecimiento de las poblaciones humanas, considerados indicadores de presión en la pérdida de este tipo de vegetación (Cuevas-Guzmán *et al.*, 2011; Pizarro, 2012).

El bosque de *Abies religiosa* proporciona diferentes servicios ecosistémicos a la Ciudad de México, mismos que pueden dividirse en: servicios de *regulación*, los cuales conforman las 56.91 ton ha<sup>-1</sup> de carbono almacenado, así como a la retención del suelo frente a la erosión; servicios de *recreación* que se aprecian a través de la belleza escénica que ofrece el bosque a los visitantes y que ayuda a mejorar la imagen urbana; y los servicios de *provisión* los que consisten en la recolección de hongos y las extracciones de madera así como la captación de agua, ya que en esta zona se presenta mayor escorrentía la cual suministra el 52% del agua de la cuenta (Almeida y García, 2010; Pizarro, 2012).

## **5.2 Descripción de *Abies religiosa***

La especie de *Abies religiosa* (Kunth) Schldt. et Cham., cuyo nombre común es oyamel, es una especie nativa que se distribuye desde las montañas del centro y sur de México hasta el norte de Guatemala. En México se localiza en los intervalos de 17° 30´ a 21° 00´ de latitud Norte y 97° 104´ a 97° 96´ de Longitud O (Martínez, 1963). Comprendiendo los estados de Hidalgo, Michoacán, Jalisco, México, Morelos, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y la Ciudad de México (CONABIO, 2003; Narave y Taylor, 1997; Luna, 2002).

Como la mayoría de las coníferas, es una especie monoica con una altura de 35 a 50 m aproximadamente, y diámetros de 100 a 180 cm. Su fuste es recto, cónico, con ramas extendidas o ligeramente ascendentes y verticiladas; la copa es densa y cónica (Luna, 2002). Las inflorescencias masculinas son oblongas, axilares de 12 a 14 mm de ancho, de color violáceo y se desarrollan en la parte media e inferior del árbol (Luna, 2002). Los estróbilos femeninos se producen en el tercio superior de la copa en los extremos de las ramas; en forma de conillos subcilíndricos y blandos de 7 cm de largo, con brácteas rojizas con una banda longitudinal en el centro (CATIE, 2001; Luna, 2002; Nieto de Pascual, 2003).

La floración del oyamel comienza a partir de los 25 años de edad y se caracteriza por ser cíclica y completarse en dos años. A través de su ámbito de distribución geográfica, donde la floración es de diciembre a abril y la fructificación alcanza la madurez en noviembre del siguiente año y en diciembre comienza la diseminación de las semillas (Zetina, 2010; CATIE, 2001).

Sus conos son cilíndricos, solitarios, de 10 a 16 cm de largo y de 4 a 6 cm de ancho. Las escamas son cuneadas de 28 a 35 mm de largo y de 12 a 28 mm de ancho con un ápice redondeado y entero (CATIE, 2001).

Las semillas tienen una forma que va de cuneado-oblonga a ovoide, aguda en la base, comprimida, de 10 a 12 mm de largo, provistas de un ala lateral amplia, oblicua, suave, de color castaño claro y de 14 a 16 mm de largo. La testa es de color castaño claro, lisa, lustrosa, formada por dos capas y contienen vejigas de resina en su cubierta (Figura 1). Las semillas en las brácteas vienen por pares, siendo fértiles ambas, a diferencia de otras coníferas en las que una de ellas es abortiva, y su dispersión es por viento (Martínez, 1953; Franklin, 1974; Nieto de Pascual, 2003; CATIE, 2001).



Figura 1 Semilla de *Abies religiosa*

El embrión es lineal, cilíndrico, de color crema y colocado longitudinalmente en el centro de la semilla. Las hojas cotiledóneas son seis, la radícula es inferior y dirigida al micrópilo. Presentan abundante endospermo, haploide, externo, carnosos, opaco (CATIE, 2001).

El uso más importante de esta especie es como madera aserrada y se puede utilizar en la fabricación de cajas, puertas, marcos y techos interiores, postes que transmiten energía eléctrica, cercas y palos de escoba. Por su color claro, peso ligero, ausencia de manchas y de resina y su carencia de olor, se recomienda como apropiada en la fabricación de empaques para alimentos o para la construcción de casas. La trementina, “aceite de palo” u “aceite de abeto”, es recomendada para su empleo medicinal y la corteza de árboles viejos es utilizada como carbón (Ortega, 1976; Luna, 2002; SIRE, 2010).

### 5.3 Selección de parcelas

En la unidad ambiental 8 determinada y caracterizada por Santibáñez-Andrade (2009), se seleccionaron 3 zonas contrastantes de estudio las cuales se ubican en un gradiente altitudinal de 3,192 a 3,270 m s.n.m y con pendientes de 7° a 37°.

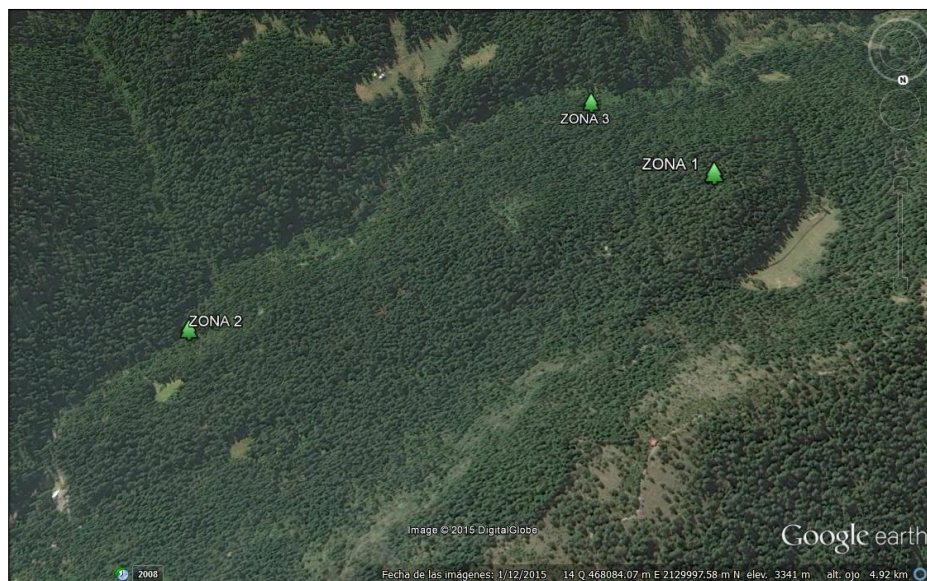


Figura 2 Ubicación de las zonas de trabajo en el bosque de *Abies religiosa*



En cada zona se demarcaron cuatro parcelas de 10 x 10 m, dos de ellas ubicadas al interior del bosque (IB), con un dosel más denso y conservado, y dos más aledañas al camino (AC); con un dosel más abierto y con signos de disturbio, en cada una de las parcelas se colocaron aleatoriamente seis trampas circulares de 50 cm de diámetro lo que dio un total de 24 trampas establecidas por zona. (Figura 3 y 4).



Figura 3 y 4 Ubicación de las trampas colocadas en el bosque de *Abies religiosa*.

## 5.4 Trabajo en campo y análisis de datos

El muestreo de campo se llevó a cabo de junio de 2013 a julio de 2014. La evaluación de la germinación, supervivencia y crecimiento de los individuos de *Abies religiosa* se desarrolló de acuerdo con el siguiente esquema metodológico (Figura 5), cuyo detalle por parámetro se da a continuación.

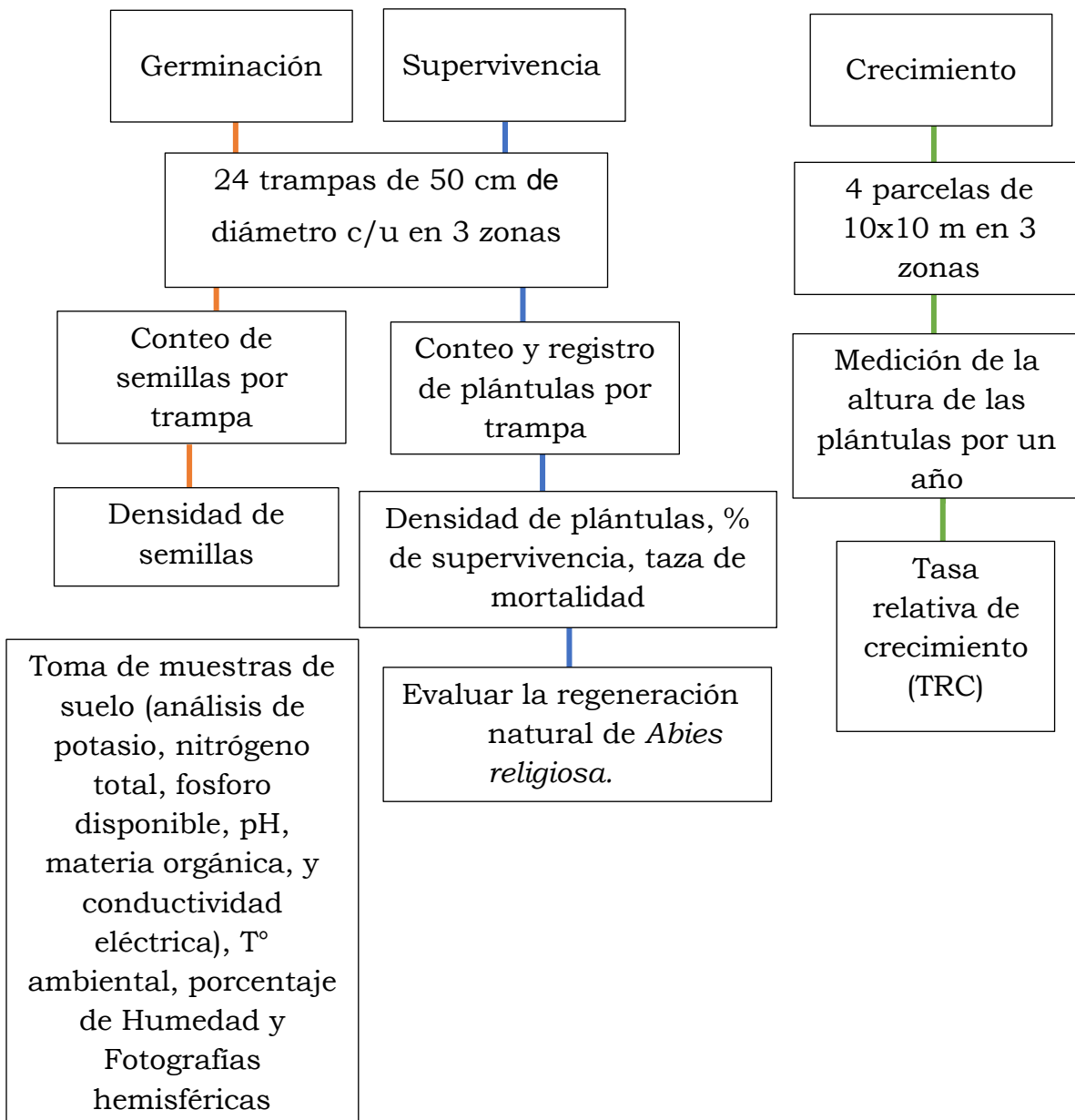


Figura 5 Esquema metodológico del trabajo en campo en la cuenca del río Magdalena

❖ Evaluación de la densidad y germinación de semillas en campo.

Para el análisis de la germinación de las semillas de *A. religiosa*, en cada una de las 24 trampas que se colocaron se llevó a cabo el conteo cada 3 meses del número de semillas presentes y con estos valores se calculó la densidad de semillas por metro cuadrado por zona y se comparó en el transcurso del año entre las tres zonas.

Para obtener la densidad de semillas por zona se utilizó la fórmula:

$$D = \frac{n}{A} = \frac{n}{2\pi r^2}$$

Dónde:

D= densidad

n= número total de semillas

A= área de las trampas (m<sup>2</sup>)

❖ Análisis de las tasas de supervivencia

La supervivencia de las plántulas de *A. religiosa* se hizo dentro de las trampas que se colocaron para el seguimiento de la germinación. En éstas se registró la ubicación de cada una de las plántulas con ayuda de una red cuadriculada de 12 x 12 cm (Figura 6 y 7), realizando un registro en el transcurso de un año, para cuantificar el crecimiento y la supervivencia.



Figura 6 y 7 Ubicación de la cuadrícula de 12 x 12 cm para el seguimiento de la supervivencia de las plántulas

Para analizar las tasas de supervivencia, en primer lugar, se obtuvieron la densidad de plántulas por zona con la fórmula anterior. Estos datos se fueron usados para comparar este parámetro en el tiempo, así mismo se obtuvieron las tasas de mortalidad.

❖ Monitoreo del crecimiento

El monitoreo del crecimiento en las cuatro parcelas de 10x10 m se realizó con un conteo de las plántulas que se encontraban creciendo, tomando los datos de la altura de cada una de ellas con ayuda de un vernier digital. El seguimiento se realizó primero a los dos meses de haberse iniciado el trabajo de campo, debido a que ya habían germinado la mayoría de las semillas dispersadas y 10 meses después para poder apreciar de mejor manera el crecimiento.

Para el análisis del crecimiento se elaboró una estructura de tamaños y se calculó la tasa relativa de crecimiento (TRC) promedio por parcela para la variable altura utilizando la siguiente fórmula:

❖ Para la altura:

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

Dónde:

Alt t<sub>1</sub> = altura (cm/día) inicial

Alt t<sub>2</sub> = altura (cm/día) final

t<sub>1</sub> = tiempo inicial (días)

t<sub>2</sub> = tiempo final (días)

## 5.5 Factores ambientales

Se tomaron aproximadamente 300 gramos de los primeros 10 cm de profundidad de suelo, utilizando un método de selección de puntos al azar de cinco sitios diferentes dentro de cada una de las parcelas. Las muestras se almacenaron en bolsas de plástico y etiquetaron con los datos de cada uno de los puntos y fueron enviadas al Colegio de Posgraduados, Campus Montecillos (COLPOS), donde se obtuvieron datos de pH, conductividad eléctrica (CE), porcentaje de materia orgánica (M.O %), fósforo disponible ( $\text{PO}_4^{-3}$ ), nitrógeno total (Nt) y potasio (K)

Así mismo se tomaron fotografías hemisféricas con una cámara Nikon modelo D80 y una lente ojo de pescado EX SIGMA 4.5 1:28 DCDSM. Todas las fotografías fueron procesadas en el programa Gap Light Analyzer (GLA) 2.0, el cual determina la fracción de la apertura del dosel (FAD), el porcentaje de luz difusa (FSI) –el cual depende de la luz que penetra en todas las direcciones a través del dosel forestal dentro del hemisferio celeste (Parent y Messier, 1996)- y el porcentaje de luz directa (FSD) –el cual depende de la localización de las aperturas del dosel, su tamaño y de la arquitectura y altura del dosel (Canham *et al.*, 1990)- Tanto el FSI como el FSD representan en porcentaje la cantidad de radiación incidente en la superficie dada por la densidad del flujo fotónico fotosintéticamente activo por día ( $\text{moles m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ), y la suma de ambos equivale al porcentaje de la luz transmitida (Frazer *et al.*, 1999), para su posterior análisis e interpretación de la cantidad de luz que ingresa a las parcelas.

Con base en las mediciones de las variables ambientales de suelo y luz se elaboró una matriz de datos para identificar los factores que influyeron en cada una de nuestras variables de estudio mediante un análisis de correspondencia canónica (CCA), con el programa PC-ORD versión 5.10, así mismo se realizó la prueba de permutaciones Monte Carlo el cual

permitió determinar si los resultados de las variables ambientales obtenidas con el CCA fueron estadísticamente significativos ( $P > 0.05$ ).

# RESULTADOS

## ❖ Evaluación de la germinación de semillas en campo

Los valores obtenidos de densidad de semillas en las zonas de estudio fueron muy variados entre sí en el transcurso del año; los valores más altos se verificaron en el primer muestreo y mostraron una tendencia a disminuir en función del tiempo (Figura 8).

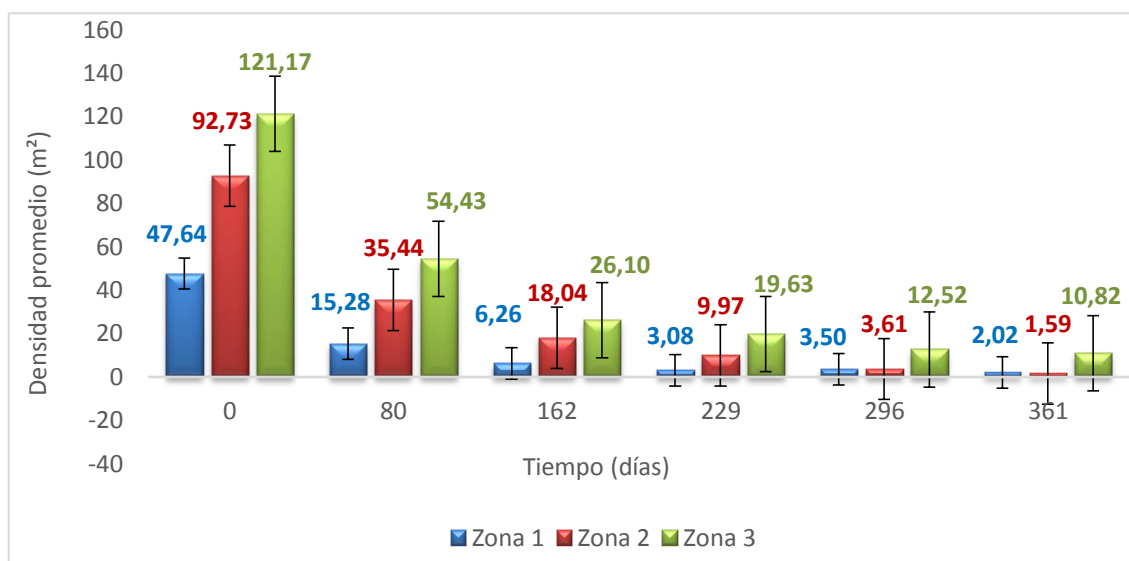


Figura 8 Valores de la densidad de semillas por zona.

La densidad de semillas a lo largo del año fue distinta entre las tres zonas de estudio se reconocieron claras diferencias entre sí con respecto a la densidad de semillas a lo largo del año: la zona 3 la que mayor densidad inicial presentó con un total de 121.17 semillas/m<sup>2</sup> y una densidad final de 10.82 semillas/m<sup>2</sup> mientras que la zona 2 registró cifras iniciales de 92.73 semillas/m<sup>2</sup> y una densidad final de 1.39 semillas/m<sup>2</sup>, la zona 1 fue la de menor densidad presentó con respecto a las demás zonas con valores iniciales de 47.64 semillas/m<sup>2</sup> y una densidad final de 2.02 semillas/m<sup>2</sup>.

En el caso de las trampas colocadas al interior del bosque (IB) y aledañas al camino (AC) en las tres zonas, los valores de densidad de semillas también fueron diferentes entre sí a lo largo del año. En la zona 1 (Figura 9) la mayor densidad de semillas se concentró en las trampas IB con respecto a las trampas AC, con una densidad inicial de 60.48 semillas/m<sup>2</sup> disminuyendo significativamente desde el segundo muestreo hasta llegar a una densidad final de 4.03 semillas/m<sup>2</sup>, de igual forma las trampas AC también presentaron una densidad mayor en el muestreo inicial con 34,80 semillas/m<sup>2</sup> llegando a 0 a los 229 días del estudio.

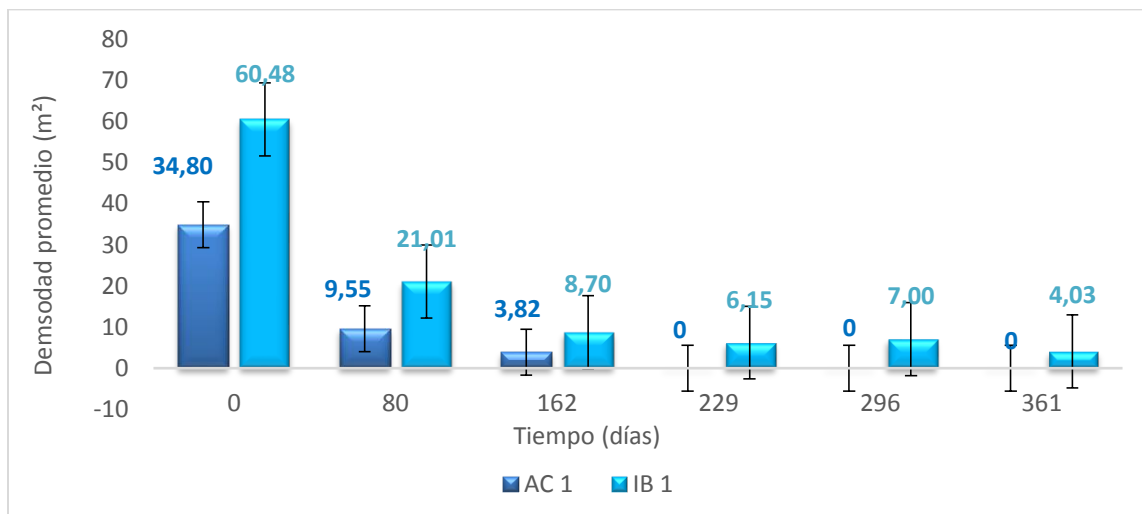


Figura 9 Zona 1. Valores de la densidad de semillas en trampas para cada una de las zonas. Dónde: AC (Aledañas al camino) IB (Interior del bosque).

En la zona 2 (Figura 10) la densidad de semillas de las trampas IB presentó también una densidad mayor en el primer muestreo con respecto a las trampas AC con 99.10 semillas/m<sup>2</sup> disminuyendo con los días hasta llegar a una densidad de 1.91 semillas/m<sup>2</sup> y a pesar de que las trampas AC tenían una densidad menor inicial de 60.48 semillas/m<sup>2</sup> la densidad final de estas trampas supero a las de las trampas IB con valores de 4.03 semillas/m<sup>2</sup> a diferencia de la zona 1.



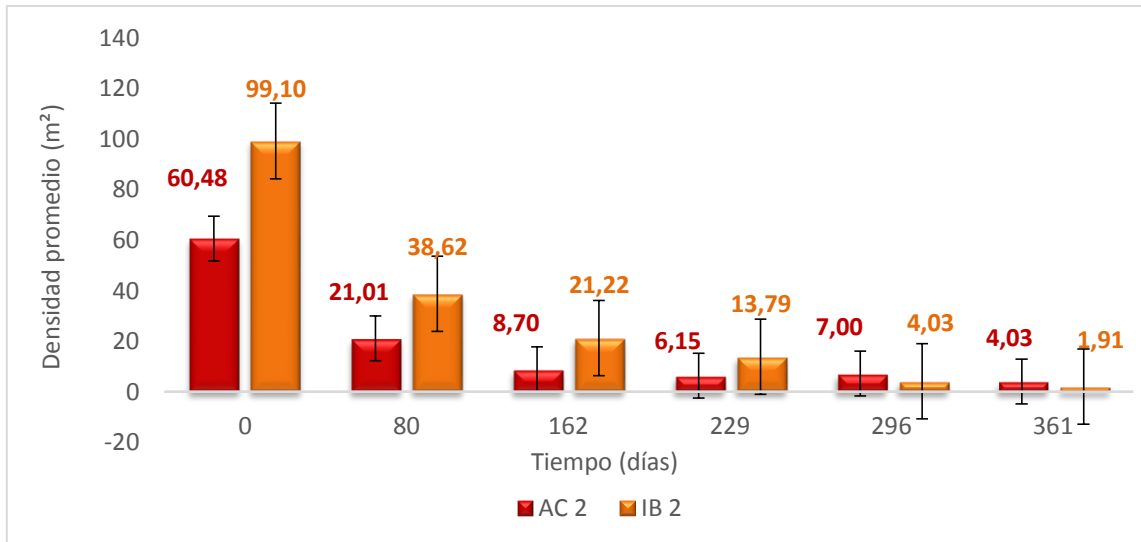


Figura 10 Zona 2. Valores de la densidad de semillas en trampas para cada una de las zonas. Dónde: AC (Aledañas al camino) IB (Interior del bosque).

Por último, la zona 3 (Figura 11) fue la que presentó una mayor densidad de semillas inicial para las trampas IB con 136.66 semillas/m<sup>2</sup> y para las trampas AC con 105.68 semillas/m<sup>2</sup> con respecto a las zonas 1 y 2, esta densidad de igual forma mostro una disminución significativa a partir del segundo muestreo finalizando con una densidad de 10.19 semillas/m<sup>2</sup> en las trampas IB y 11.46 semillas/m<sup>2</sup> en las trampas AC siendo tambien los valores mas altos de densidad de semillas para estas trampas con respecto a las zonas 1 y 2.

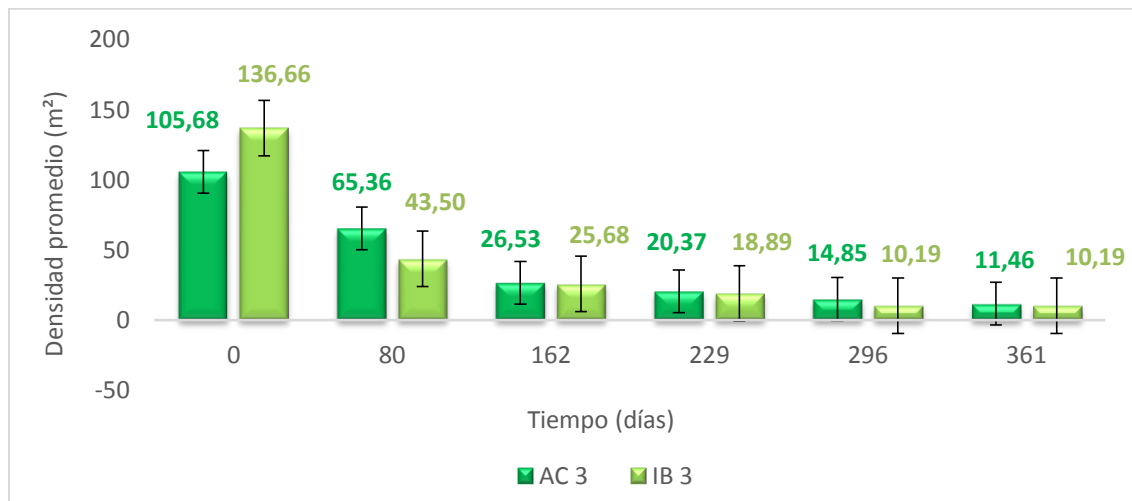


Figura 11 Zona 3. Valores de la densidad de semillas en trampas para cada una de las zonas. Dónde: AC (Aledañas al camino) IB (Interior del bosque).

### ❖ Análisis de las tasas de supervivencia

Los valores de densidad de plántulas al igual que los de densidad de semillas muestran claras diferencias entre las zonas de estudio en el transcurso del tiempo, con la mayor densidad inicial en la zona 3 con un total de 8.7 plántulas/m<sup>2</sup> (Figura 12). A pesar de que en el segundo muestreo la densidad de plántulas de las tres zonas aumento considerablemente, es a partir de los 162 días que dicha densidad disminuye drásticamente siendo la zona 2 la que mayor densidad final de plántulas presentó con 2.65 plántulas/m<sup>2</sup> mientras que las zonas 1 y 3 presentaron una mayor mortalidad a partir del mismo muestreo con una densidad de 0.11 y 0 plántulas/m<sup>2</sup> respectivamente para el muestreo final.

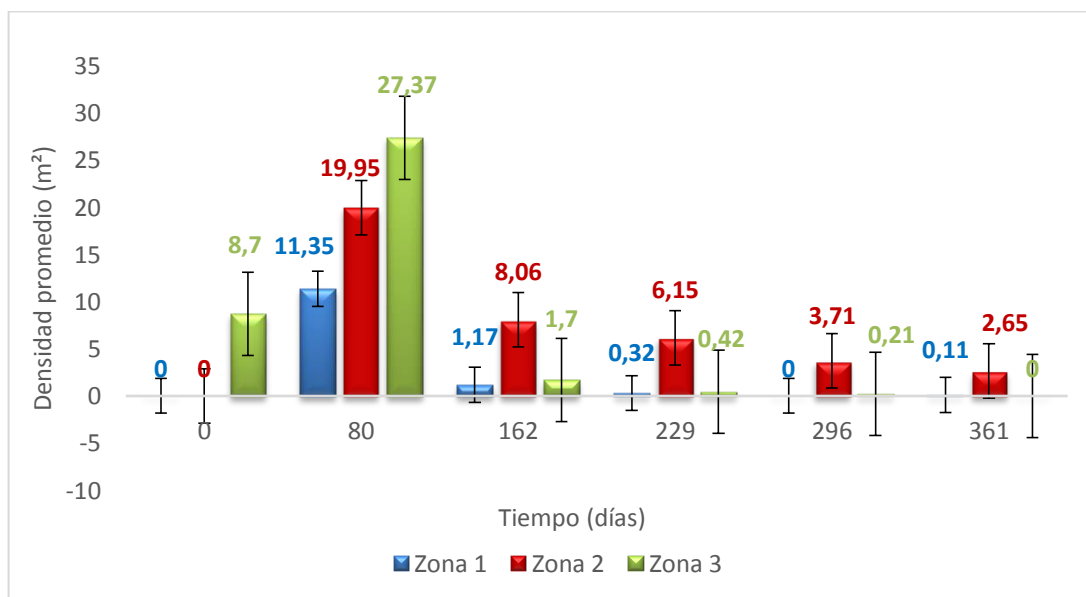


Figura 12 Valores de la densidad de plántulas para cada una de las zonas.

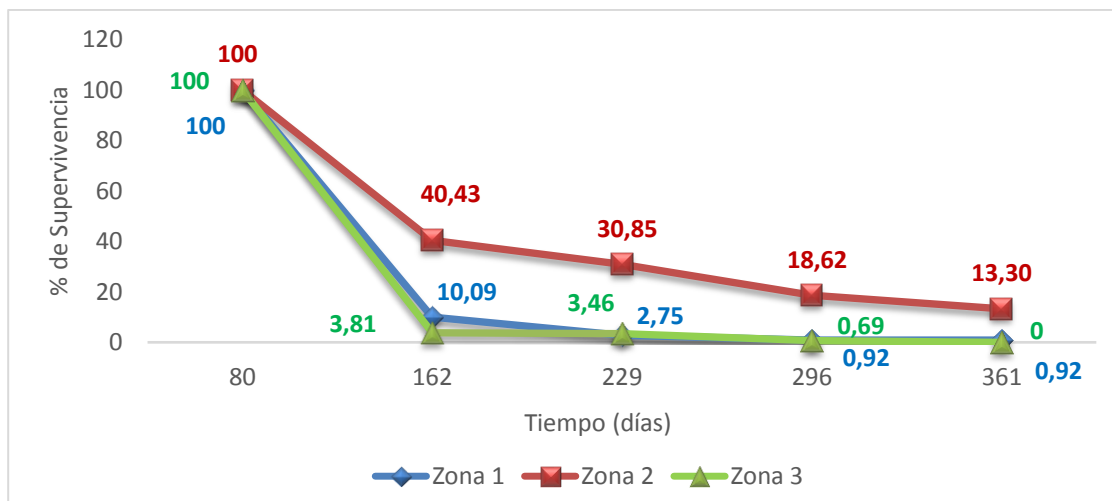


Figura 13 Porcentaje de supervivencia para cada una de las zonas

Los valores de supervivencia en las tres zonas de estudio variaron mucho entre sí (Figura 13 y Cuadro 1). El valor más alto de supervivencia se confirmó en la zona 2 con 13.30% (25 plántulas), mientras que para la zona 1 solo presento una supervivencia del 0.93% (1 plántula) para el final del estudio. Por otro lado, la zona 3 fue la que no presento porcentaje de supervivencia ya que para el final del estudio no se encontró ninguna plántula viva dentro de las trampas, tanto para las trampas aledañas al camino como las que se encontraban al interior del bosque, a pesar de que fue la zona que mayor densidad de semillas y de plántulas germinadas.

Cuadro 1 Supervivencia en las tres zonas

Zonas	Total	Muertas	Vivas	% Supervivencia
1	109	108	1	0,93
2	188	163	25	13,30
3	258	258	0	0

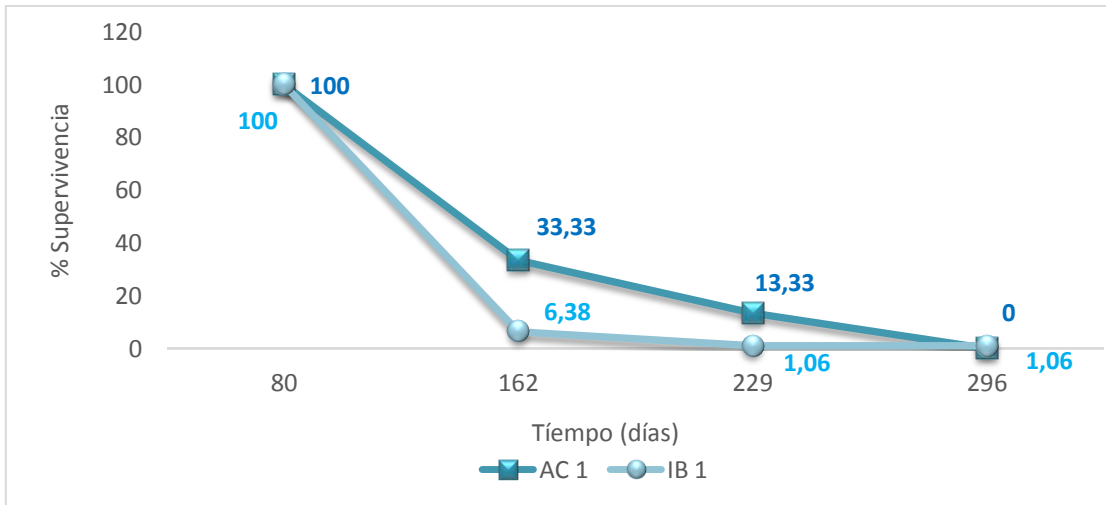


Figura 14 Zona 1. Porcentaje de supervivencia en trampas. En donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

En el caso de la zona 1 se registró una mayor supervivencia en las trampas AC disminuyendo a partir del día 162 hasta obtener un valor final de 1.06% en comparación con las trampas IB en donde el porcentaje de supervivencia fue de 0%.

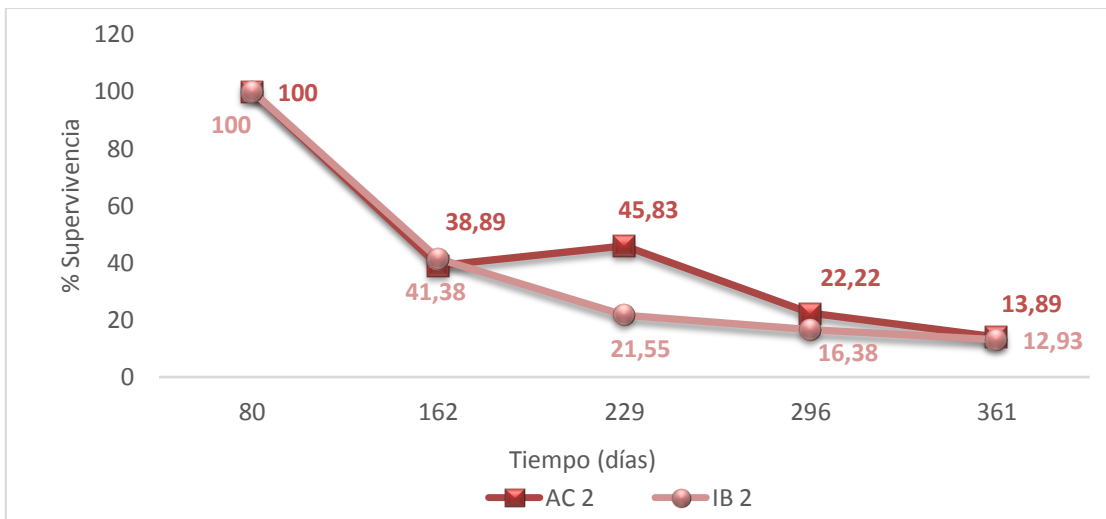


Figura 15 Zona 2. Porcentaje de supervivencia en trampas. En donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

Para la zona 2 (Figura 15), el porcentaje de supervivencia igualmente disminuyó a partir del día 162 pero no tan drásticamente en comparación con la zona 1 y 3 ya que en todos los muestreos fue la zona que mayor

porcentaje registró. En las tramas AC se observa un pico en la gráfica el día 229 posiblemente se debió a la germinación de más semillas dentro de las trampas, pero para el día 296 el porcentaje de supervivencia nuevamente disminuyó llegando a un valor final de 13.89%, en comparación con las trampas IB en donde el porcentaje de supervivencia disminuyó de forma gradual sin presentar grandes cambios para llegar a un porcentaje de supervivencia final de 12.93% similar a las trampas AC.

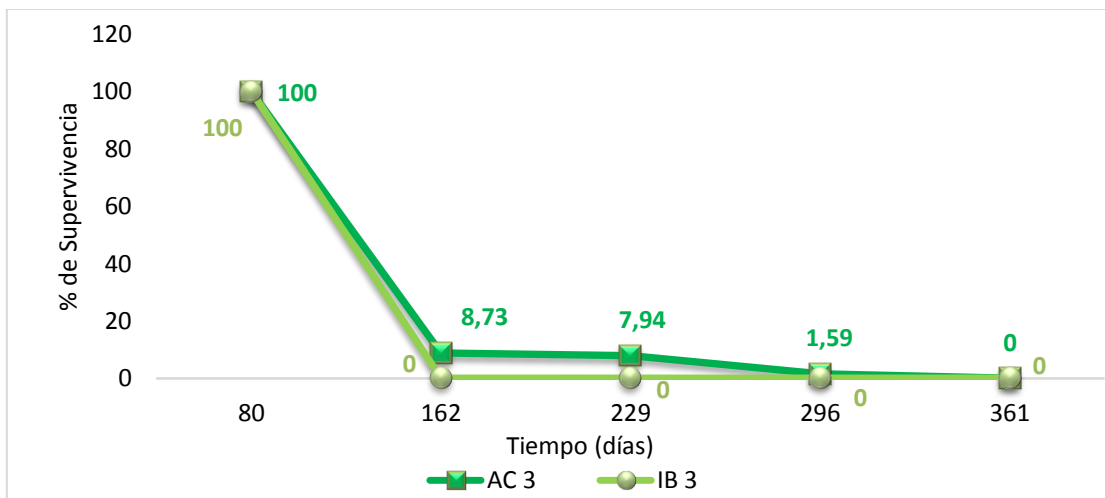


Figura 16 Zona 3. Porcentaje de supervivencia en trampas. En donde AC (Aledaño al Camino) IB (Interior del Bosque).

La zona 3 en comparación con la zona 1 y 2 no presentó porcentaje de supervivencia ya que a partir del día 162 los valores disminuyeron significativamente, en el caso de las trampas AC el porcentaje de supervivencia bajo a un 8,73% y continuo disminuyendo hasta llegar 0%, mientras que en las trampas IB los valores bajaron a 0% a partir del segundo muestreo.

❖ Crecimiento de plántulas germinadas

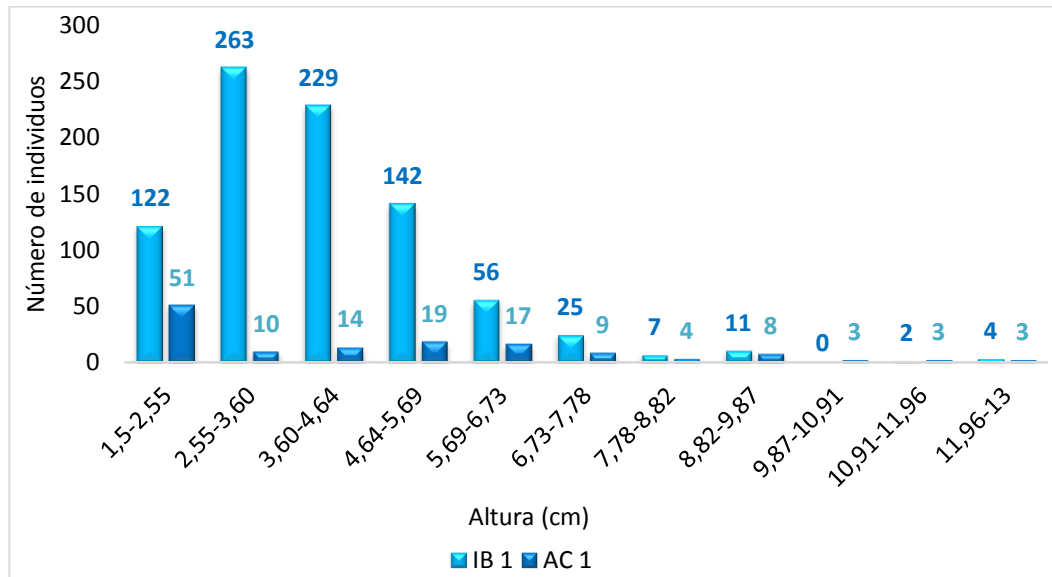


Figura 17 Estructura de tamaños Zona 1. Donde IB (Interior del Bosque) AC (Aledaño al Camino)

En la Figura 17 se ilustra la estructura de tamaños de la zona 1 para las parcelas que se encontraban aledañas al camino (AC) y las que se encontraban al interior del bosque (IB). Se puede observar que las diferencias entre parcelas son notorias; para las parcelas AC en total se midieron 142 plántulas en el transcurso del año de estudio y el mayor número de individuos se presentó en las alturas comprendidas entre los 1.5-2.55 cm con 51 plántulas, mientras que para las parcelas IB en total se midieron 861 plántulas en el transcurso del año, presentando un mayor número de individuos entre los 2.55-3.60 cm con 263 plántulas.

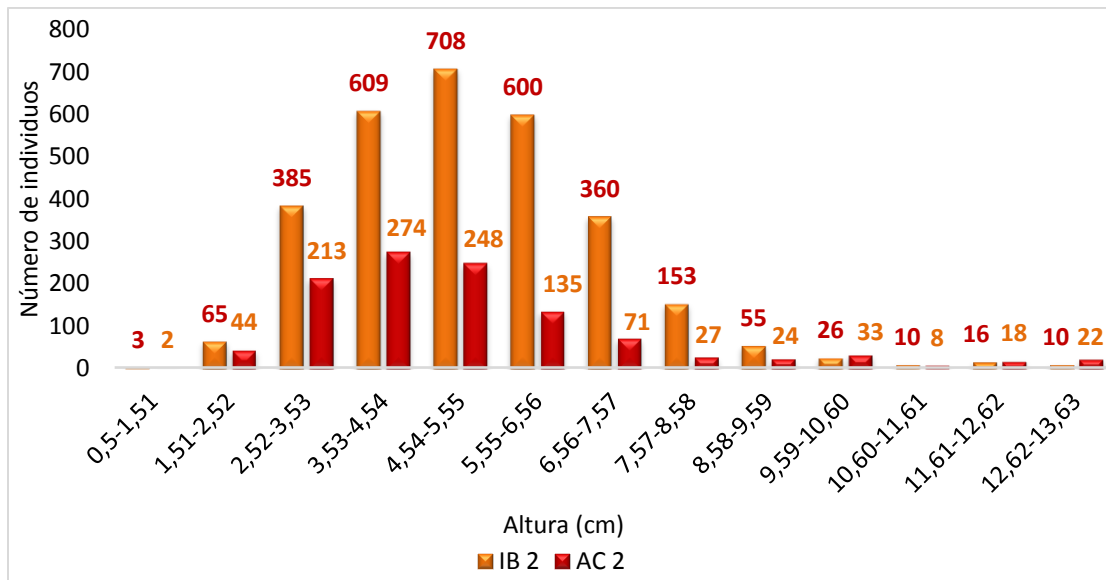


Figura 18 Estructura de tamaños Zona 2. Donde IB (Interior del Bosque) AC (Aledaño al Camino)

La estructura de tamaños de la zona 2 (Figura 16), muestra una distribución similar tanto para las parcelas AC como las IB a pesar de que el número de individuos en ambas parcelas fue diferente, el mayor número de plántulas se encontraron entre las categorías 2.52-3.53 a la 6.56-7.57 cm para las parcelas IB y AC. En el caso de las parcelas IB el mayor número de plántulas se reunió en la categoría 3.53-5.54 cm con 274 individuos y para las parcelas AC el mayor número de plántulas se presentó en la categoría 4.54-5.55 con 708 individuos. A pesar de que en la zona IB se registró un número de individuos mayor en contraste con las parcelas AC se puede observar que en las categorías de más de 9.59 cm se encontraron más individuos en las parcelas AC que en las parcelas IB.

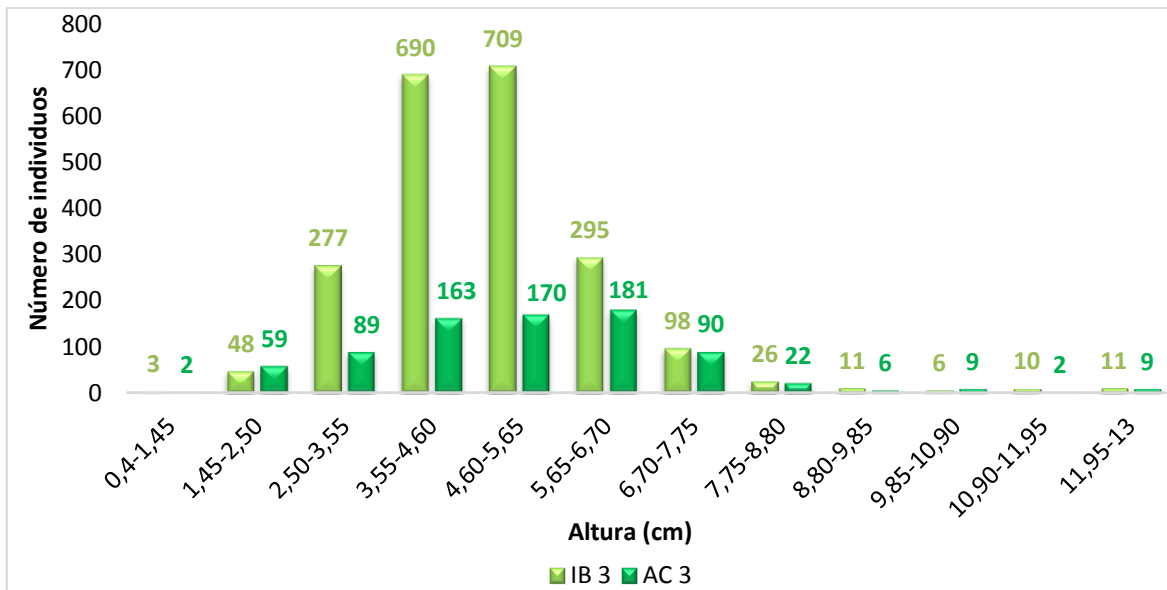


Figura 19 Estructura de tamaños Zona 3. Donde IB (Interior del Bosque) AC (Aledaño al Camino)

En la zona 3 (Figura 17), se puede advertir que además de presentar un mayor número de plántulas en las parcelas IB, en la mayoría de sus categorías mantiene un elevado número de individuos en contraste con las parcelas AC. Las categorías de alturas en las que se presentó un mayor número de plántulas fueron 4.60-5.65 cm con 709 individuos para las parcelas IB y 5.65-6.70 cm con 295 individuos para las parcelas AC.



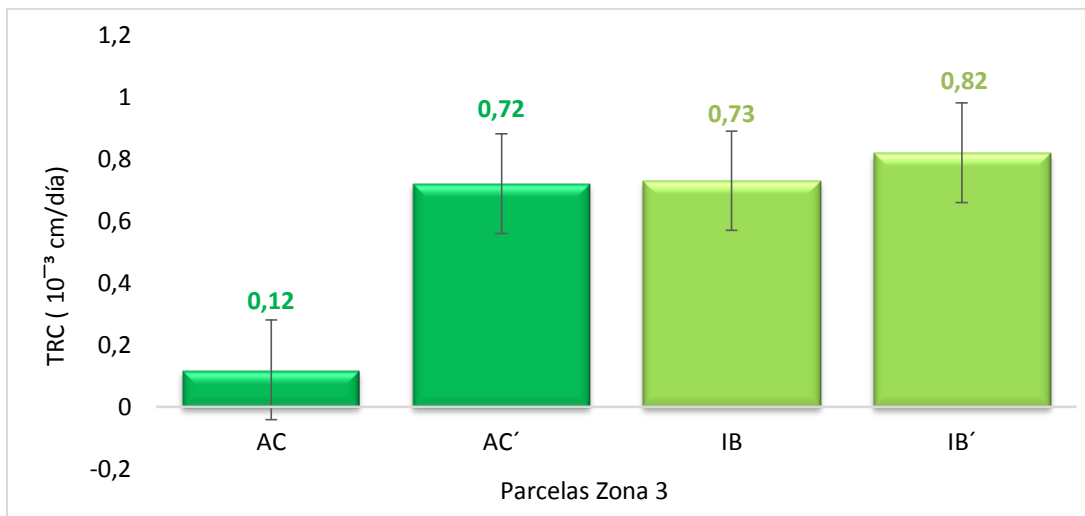
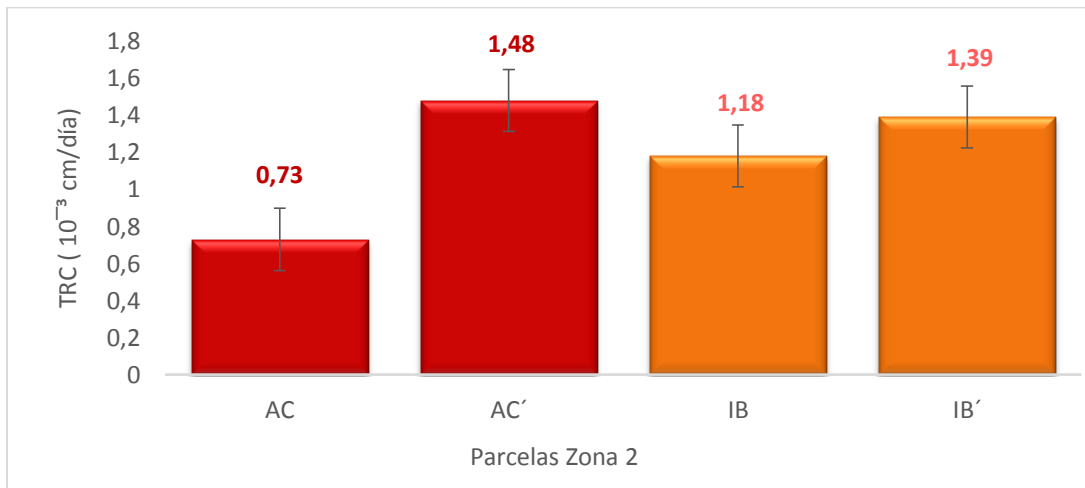
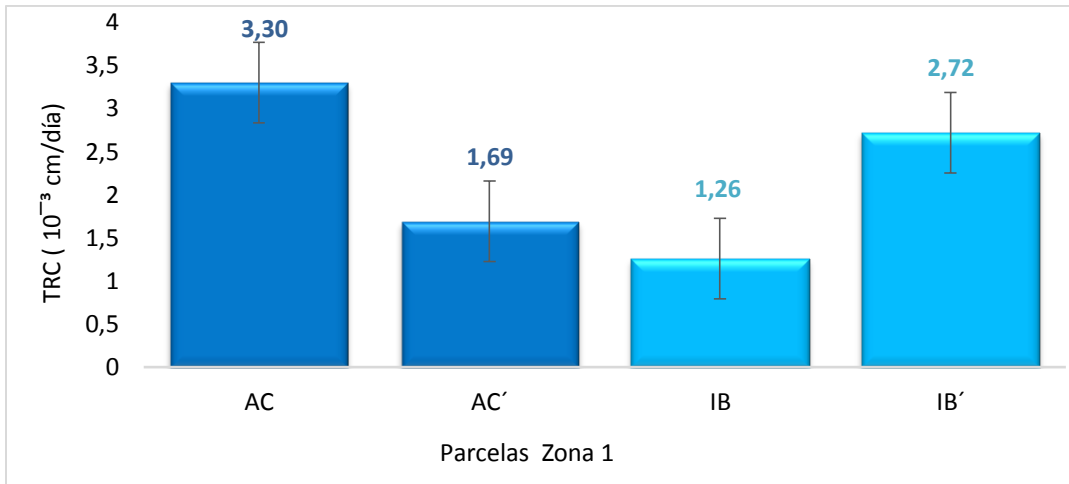


Figura 20. Tasa Relativa de Crecimiento por zona. Donde AC (Aledaña al Camino) IB (Interior del Bosque).

Los valores de la tasa relativa de crecimiento (TRC) (Figura 18), en la zona 1 fueron mayores tanto para las trampas AC con  $3.3 (10^{-3} \text{ cm/d})$ , como para las IB con  $2.72 (10^{-3} \text{ cm/día})$  respecto a las zonas 2 y 3, convirtiendo así esta zona en la que mayor TRC presentó durante el estudio. En cuanto a la zona 2 la TRC fue mayor en las trampas AC al igual que en la zona 1 con el valor más alto de  $1.48 (10^{-3} \text{ cm/día})$  mientras que en las trampas IB el valor más alto fue de  $1.39 (10^{-3} \text{ cm/día})$ . Por último, la zona 3 presentó la TRC más baja tanto para las trampas AC con el valor más alto de  $0.72 (10^{-3} \text{ cm/día})$  como para las IB con  $0.82 (10^{-3} \text{ cm/día})$ .

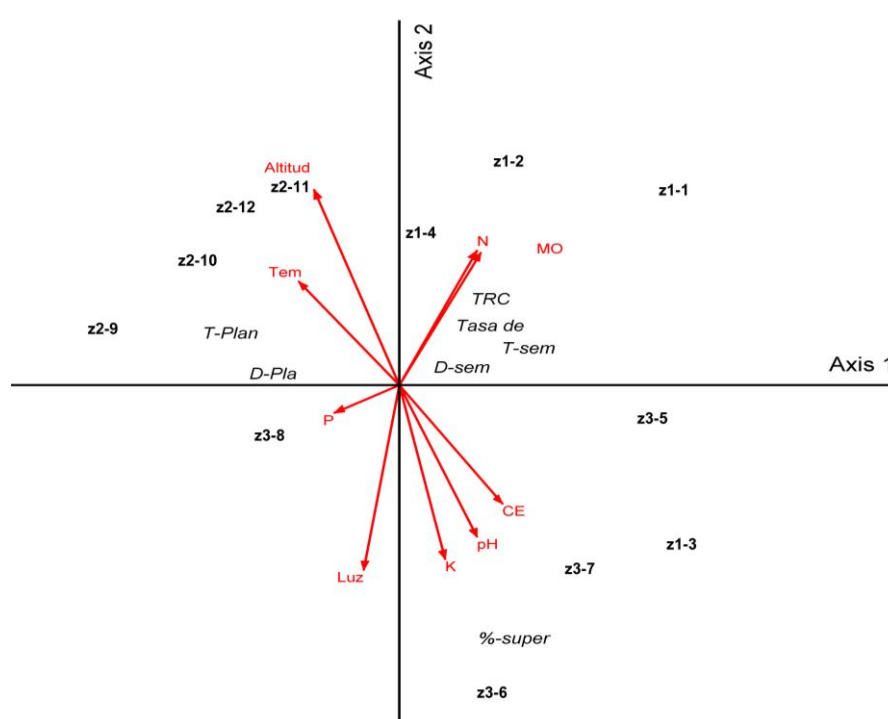


Figura 21. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) de factores evaluados (Donde: TRC=tasa relativa de crecimiento, T-semi=total de semillas, D-sem=densidad de semillas, T-plan=total de plántulas, D-plan=plántulas y variables ambientales en la Cuenca del río Magdalena. (Donde P=fosforo, N=nitrógeno, K=potasio, MO=materia orgánica, CE=conductividad eléctrica).

En los resultados obtenidos con el análisis de correspondencia canónica (Figura 19) se observa que existió una relación entre los valores ambientales de nitrógeno y materia orgánica principalmente en la zona 1, mientras que en la zona 2 los valores ambientales que tuvieron una mayor influencia fueron la altitud a la que se encontraban las parcelas y la temperatura del ambiente, por último para la zona 3 los valores ambientales que influyeron fueron la conductividad eléctrica, el pH y el potasio del sitio.

Cuadro 2 Resultados de las correlaciones entre factores evaluados y once variables ambientales en la cuencia del río Magdalena.

Factores ambientales	Densidad de Semillas	Densidad de plántulas	Total de semillas	Total de plántulas	% Supervivencia	Tasa mortalidad	TRC
Temperatura	0,7762	0,6775	0,7762	0,6775	-	-	-
Luz	-0,6432	-	-0,6432	-	-	-	-
Altitud	-	-	-	-	-0,7938	0,7939	-
Humedad	0,6913	-	0,6913	-	-	-	0,5945
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	0,6296	-0,6296	-
Conductividad eléctrica	-	-	-	-	-	-	-
Materia orgánica (%)	-	-	-	-	-	-	-
N (Nitrógeno)	-	-	-	-	-	-	-
P (Fosforo)	-	-	-	-	-	-	0,6711
K (Potasio)	-	-	-	-	0,6686	-0,6687	-

Los resultados de las correlaciones entre los factores evaluados y los valores ambientales (Cuadro 2) mostraron una correlación positiva entre la densidad y el total de semillas con la temperatura y humedad del sitio, pero de manera negativa con la luz. Para la densidad y el total de plántulas el principal factor que estuvo relacionado fue la temperatura del sitio., mientras que para el porcentaje de supervivencia estuvo relacionado positivamente al pH y al potasio y de manera negativa a la altitud; y por el contrario la tasa de mortalidad esta correlacionada positivamente con la altitud pero negativamente con el pH y el potasio; por último los factores

ambientales que tuvieron una correlación positiva con la TRC fueron el fosforo y la humedad.

Cuadro 3 Resultados de Prueba Monte Carlo

RESULTADOS DE LA PRUEBA MONTE CARLO-- ESPECIE-CORREACIONES AMBIENTALES						
-----						
Datos aleatorizados						
Datos reales	Prueba Monte Carlo, 998 corridas					
-----						
Ejes	Spp-Amb	Corr.	Media	Mínimo	Máximo	p
-----						
1	1.000	0.996	0.926	1.000	0.0030	
2	1.000	0.996	0.940	1.000		
3	1.000	0.991	0.854	1.000		

La correlación entre los factores ambientales de los dos ejes canónicos fue estadísticamente significativa de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de permutación Monte Carlo ( $P < 0.003$ ) lo que indica que existe una correspondencia entre los factores evaluados y los valores ambientales y el diagrama de ordenación proporciona una representación significativa (Cuadro 3).

# DISCUSIÓN

---

La densidad de semillas fue significativamente mayor en la zona 3 que en la zona 1 y 2 principalmente en las trampas ubicadas al interior del bosque (IB); este patrón de densidad se repitió tanto en la zona 1 como en la zona 2 en donde la mayor cantidad de semillas se concentró en estas trampas a diferencia de las que se encontraban aledañas al camino (AC) de acuerdo a lo esperado. Esta densidad de semillas pudo deberse a la madurez del arbolado y el grado de perturbación de las zonas, lo que concuerda con lo mencionado por May (2001) ya que la productividad de semillas de un árbol es influida por la edad, el desarrollo y el vigor de la copa, así como por su posición en el dosel.

Con respecto a la germinación la mayor cantidad de semillas germinó a los 80 días tanto en las trampas AC como para las IB en las tres zonas, pero fue a partir del mismo muestreo que el porcentaje de supervivencia comenzó a disminuir drásticamente para las zonas 1 y 3, únicamente manteniendo un porcentaje mayor en la zona 2 principalmente en las trampas AC (13.30%). Estos resultados podrían estar indicando que los individuos germinan igual tanto bajo el dosel del bosque como en los claros y conforme pasa el tiempo los individuos muestran una respuesta diferencial a la apertura del dosel por lo que existe una alta tasa de mortalidad. Este bajo porcentaje de supervivencia concuerda con Castelán (2003), que demostró que las plántulas emergidas tienen una mortalidad más elevada durante las primeras semanas de existencia, que es cuando sus tallos son todavía verdes y succulentos; siendo ésta una de las etapas más críticas del arbolado, dado que están compitiendo por luz, nutrientes y espacio con la vegetación herbácea y entre ellas mismas.

Los valores de supervivencia en las trampas AC fueron contrarios a lo que se esperaba y lo reportado por Gordon (1970) quien concluyó que *Abies*

*religiosa* tiene un bajo porcentaje de establecimiento cuando hay luminosidad intensa debido a un ascenso de la temperatura del suelo, además Nieto de Pascual (2004) mencionó que *A. religiosa* sobrevive con mejores perspectivas bajo 30% y 70% de sombra. Aunque recientemente se documentó que en el Parque Nacional Cofre de Perote existe un efecto positivo de la apertura del dosel sobre la regeneración natural siendo más abundantes las plántulas en claros que bajo el dosel del bosque (Lara-González *et al.* 2009). Es por ello que la apertura del dosel en bosques dominados por *Abies religiosa* es un factor determinante para el establecimiento y crecimiento de plántulas debido a que los claros proporcionan micrositios adecuados para la regeneración (Gray y Spies, 1996; Kupferschmid *et al.* 2014).

En cuanto a la estructura de tamaños que se elaboró en cada una de las zonas, la zona 2 y 3 fueron las que presentaron una distribución similar ya que el mayor número de plántulas se encontraba en los intervalos de entre los 3.5 a 6.7 cm de altura tanto en las parcelas IB como en las AC independientemente de que hayan presentado densidades de plántulas muy distintas entre sí, mientras que en la zona 1 la distribución del mayor número de plántulas en las parcelas IB fue en los intervalos de 2.5 a 5.6 cm de altura y para las parcelas AC los intervalos con mayor cantidad de plántulas fueron los comprendidos entre los 1.5 a los 6.7 cm de altura.

Estos resultados coinciden con la tasa relativa de crecimiento (TRC) reportada en cada una de las zonas, ya que en la zona 2 se encontró un valor de 1.48 ( $10^{-3}$  cm/d) en parcelas AC no muy distinto a lo encontrado en las parcelas IB con un 1.39 ( $10^{-3}$  cm/d) mientras que en la zona 3 los valores encontrados fueron de 0.72 ( $10^{-3}$  cm/d) para las parcelas AC y de 0.82 ( $10^{-3}$  cm/d) para las parcelas IB, a diferencia de la zona 1 donde la TRC tuvo una mayor diferencia entre las parcelas AC que presentó un valor de 3.30 ( $10^{-3}$  cm/d) mientras que en las IB el valor fue de 2,72 ( $10^{-3}$

cm/d) convirtiendo así a esta zona en la que mayor crecimiento mostró con respecto a la zona 2 y 3.

A pesar de que en las tres zonas la TRC fue muy distinta entre sí, las zonas 1 y 2 coincidieron al mostrar mayor crecimiento en las parcelas AC a pesar de que la densidad de plántulas y semillas en el muestreo fue menor con respecto a las IB, todo lo contrario, a lo que se encontró en la zona 3 donde la TRC fue un poco mayor en las parcelas IB, aunque el porcentaje de supervivencia en estas plántulas fue de 0. Para esto es importante tomar en cuenta que la tasa de crecimiento y la supervivencia se van a ver alteradas por la heterogeneidad biótica y abiótica intrínseca del sitio, así como por la producida por prácticas antrópicas (Harper *et al.*, 1965; Salazar *et al.*, 1999; Domínguez-Lerena *et al.*, 2001). Esta heterogeneidad determina que las plántulas sobrevivan mejor en ciertos micrositios que en otros en donde varía la disponibilidad de recursos, principalmente de luz, nutrientes y agua entre otros y que el crecimiento por lo tanto también sea diferencial. (Castillo-Argüero *et al.*, 2014). Los resultados anteriores pueden estar siendo explicados por lo reportado por Nieto de Pascual (2004) quien menciona que bajo plena luz (0% de sombra) se va a inducir un crecimiento muy importante en la altura, así como una producción de biomasa alta en las partes aéreas de *A. religiosa*, ya que tanto la densidad de plántulas como su tasa de crecimiento, se encuentran relacionadas al tamaño de la apertura del dosel del bosque (Grubb, 1977; Gray y Spies, 1996; Mountford *et al.*, 2006; Dobrowalska y Veblen, 2008; Albanesi *et al.*, 2005).

Los resultados obtenidos mediante las correlaciones entre las variables ambientales y los factores evaluados sugieren que las variables ambientales influyen de forma determinante en la producción de semillas y en las primeras fases del ciclo de vida de *A. religiosa*. En orden de importancia en esta especie, la temperatura, la humedad y la luz tuvieron un efecto marcado sobre la producción de semillas y el establecimiento de

plántulas. La temperatura, como factor ambiental determinante, también fue observada por Velázquez (1984), que describe que este factor tuvo un efecto marcado sobre la germinación de las semillas, el crecimiento y el desarrollo adecuado de las raíces y en la absorción de agua por las plántulas. El segundo factor más importante es la humedad ya que por medio de ésta se favorece el debilitamiento de la cubierta del embrión e hidroliza las sustancias de reserva de la semilla y activa los mecanismos biológicos para su germinación. (Daniel *et al.*, 1982). De acuerdo con lo reportado por González (1985) quien reportó que un 8% de las semillas mueren por cambios climáticos, mientras que las plántulas establecidas el 32.9% muere por condiciones de sequía. De igual manera la luz es uno de los factores ambientales relevantes tal y como lo menciona Kozlowski (1971) y Gordon y Rice (2000), quienes señalan que el crecimiento es afectado por la intensidad de la luz, calidad y duración de la exposición a la luz y fotoperiodo que bajo condiciones naturales el crecimiento es influenciado más por la intensidad de la luz y el fotoperiodo que por la calidad. Así mismo, Daniel *et al.*, (1982) mencionan que la carencia de la luz eficiente, incluso en especies tolerantes, es una de las causas más comunes de mortalidad en plántulas al influir de modo determinante en la temperatura y la humedad del suelo relacionándose de esta manera los 3 factores entre sí.

Por lo tanto, *A religiosa* es tolerante a la sombra durante la etapa de germinación y establecimiento, pero al parecer, el oyamel es menos tolerante a la sombra conforme incrementa en edad. Este hecho fue señalado por González 1985 quien concluye que el establecimiento de la regeneración de *A. religiosa* es favorecido por la cobertura del dosel cerrado, sin embargo, del establecimiento de las plántulas será necesario abrir gradualmente el dosel para propiciar su crecimiento, proporcionando protección a las especies (favoreciendo adecuados niveles de humedad y temperatura durante sus primeras etapas de crecimiento).



Así mismo el porcentaje de supervivencia y la tasa de mortalidad están influidos por la altitud, el fósforo (K) y el pH en orden de importancia, debido a que la altitud y su posición en la ladera determinan las características climatológicas del lugar de cada una de las zonas del bosque estudiadas. Esta relación de las condiciones ambientales y el comportamiento de la especie, concuerda con lo reportado en algunas regiones montañosas de Estados Unidos, en donde se ha documentado que además de la humedad y la temperatura otros de los factores están frecuentemente relacionados con la altitud y es potencialmente importante en el control de la distribución de las comunidades vegetales, especialmente la frecuencia de incendios, la radiación solar, la profundidad del horizonte O, la temperatura del suelo, el pH, entre otros. (Sánchez y López, 2003). Con relación a potasio y al pH Gutiérrez (2011) mencionó que la cantidad y la disponibilidad de nutrientes del suelo, determinan la calidad del sitio y su fertilidad. Dichas propiedades se deben a los ciclos de nutrientes que se ven influenciados por la lixiviación, quema, explotación forestal y erosión siendo los recursos esenciales más importantes que limitan el desarrollo de las coníferas el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y con frecuencia los valores extremos de pH en el suelo también pueden disminuir la posibilidad de nutrimentos.

Por último, los factores ambientales que influyeron en la TRC fueron el fósforo y la humedad, en orden de importancia. Este resultado es el esperado, debido a que la humedad o nutrientes disponibles en el suelo son de importancia para la supervivencia y el crecimiento de las plántulas. En la mayoría de los casos, la humedad puede ser un factor decisivo, sin embargo, los nutrientes pueden ser factores limitantes en condiciones graves. (Castelán, 2003).

# CONCLUSIONES

---

La mayor densidad de semillas y de plántulas se presentó en las parcelas que se encontraban al interior del bosque en las tres zonas de estudio. En contraste, las plántulas con una mejor TRC y supervivencia fueron aquellas que se encontraban a un lado del camino principalmente de la zona 2.

El CCA reveló que en la zona 2 se encontró una mayor presencia de nutrientes en el suelo; favoreciendo así el crecimiento de estos individuos, así como una correlación positiva a la temperatura y altitud.

Con este estudio se puede rechazar la hipótesis planteada ya que como se observó la germinación, el crecimiento y la supervivencia de *Abies religiosa* fue menor en las zonas en donde el dosel es más cerrado en comparación con las zonas con mayor apertura del dosel.

Para obtener un mejor análisis en los datos se sugiere también llevar un control de germinación y crecimiento de plántulas de cada una de las zonas en vivero para poder comparar con los resultados obtenidos en campo.

Este estudio permitió comprender la importancia del análisis de las etapas de la regeneración natural de *Abies religiosa* principalmente en la cuenca del río Magdalena debido a que se conoce que esta especie presenta una escasa o nula regeneración y las reforestaciones en las que se ha utilizado han tenido poco éxito, especialmente porque la edad de la plántula es una de las etapas más críticas.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- Ángeles-Cervantes, Efraín, & López-Mata, Lauro. (2009). Supervivencia de una cohorte de plántulas de *Abies religiosa* bajo diferentes condiciones postincendio. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (84), 25-33 pp.
- Ávila, C., Aguirre, J., & Colegio de Postgraduados (México), E. (2008). Variación estructural del bosque de oyamel (*Abies hickelii* Flous & Gausson) en relación con factores ambientales en el pico de Orizaba, México. Forest Systems, 3(1), 5-17 pp.
- Ávila, C., Aguirre, J., & García, E. (1994). Variación Estructural del Bosque de Oyamel (*Abies hickelli* Flous y Gausson) en relación con factores ambientales en el Pico de Orizaba, México. Investigación Agraria, 3,5-17.
- Benavides-Meza, Héctor Mario; Gazca Guzmán, Maira Oriana; López López, Stephanie Fabiola; Camacho Morfín, Francisco; Fernández Grandizo, Diana young; de la Garza López de Lara, María del Pilar; Nepamuceno Martínez, Felipe; (2011). Variabilidad en el crecimiento de plántulas de ocho procedencias de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. et Cham., en condiciones de vivero. Madera y Bosques, Julio-Septiembre, 83-102 pp.
- Bernal Salazar, Sergio; Terrazas Salgado, Teresa; (2000). Influencia climática sobre la variación radial de caracteres anatómicos de madera en *Abies religiosa*. Madera y Bosques. 73-86. Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre S. C, México.
- 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.

- Carter M., Diaci J. y Rozenbergar D. (2014). Gap size and position influence variable response of *Fagus sylvatica* L. and *Abies alba* Mill. *Forest Ecology and Management*, 325, 128-135.
- Castelán, M (2003), “Evaluación de la regeneración natural de *Pinus patula* Schiede ex Schldl. & Cham. en el ejido “La Mojonera”, municipio de Zacualtipán, Estado de Hidalgo.” (Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, 95 pp.
- Castro, M. (2013), “Registro de la riqueza herbácea y arbustiva en el bosque de *Abies religiosa* de la zona de amortiguamiento del parque nacional Izta-Popo y el Parque Nacional Zoquiapan” 193 pp.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2000. *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et. Cham. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. No. 108. Julio. Turrialba, Costa Rica. 2 pp.
- Challenger, A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis, editores. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Instituto Nacional de Ecología, México, D. F.
- Devlin R. M. 1976. Fisiología vegetal. Ed Omega, S.A. Barcelona, España, 248-250 pp.
- Díaz, E. (2015). Fenología reproductiva del bosque de *Abies religiosa* en la Cuenca del río Magdalena, D.F. (Licenciatura). Facultad de Ciencias. UNAM.
- Galván, J. 2010. Crecimiento y supervivencia de *Abies* (H.B.K) Schldl y Cham. Bajo diferentes tratamientos de cobertura vegetal, en san Nicolás Totolapan, D.F. (Licenciatura), Facultad de estudios superiores Zaragoza.

- Gordon D. R., Rice K. J., 2000. Competitive suppression of *Quercus douglassi* (Fragaceae) seedling emergence and growth. *American Journal of Botany* 87, 986-994 pp.
- Guerrero, C. (2016). Regeneración de *Abies religiosa* en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. (Licenciatura). Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia. UNAM.
- Hilhorst, H.W.M. 1998. The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis revisited. *Seed Science Research* 8, 77-90 pp.
- Jiménez, C. (2016). Desempeño de plantas de *Abies religiosa* reintroducidas en un bosque de *Abies* 15 años después de un incendio forestal. (Maestría). Instituto de Ecología. UNAM.
- Kuceravá B., Dobrovolný L. y Remes J. (2013). Responses of *Abies alba* seedlings to different site conditions in *Picea abies* plantations. *Dendrobiology*, 69, 49-58 pp.
- López-Valdez, A. P., Ramírez-Hernández, E. A., Rocha-Estrada, A., Guzmán-Lucio, M. A., & Alvarado-Vázquez, M. A. (2014). CUANDO LAS SEMILLAS DUERMEN: LA LATENCIA, Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, 19-22 pp.
- Luna, V. (2002). “Indicación de respuesta morfogenética en *Abies religiosa* (Kunth) Schltl & Cham y *A. hickelii* Flous & Gausen de la religión del Cofre de Perote, Veracruz”. (Maestría). Instituto de Genética Forestal. Xalapa, Veracruz. 72 pp.
- 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 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*. 18: 62-73 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, 165 pp.

- 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*, 38(6), 400-409 pp.
- Martínez, Y. (2011). Lluvia y banco de semillas en el bosque templado de la cuenca del río Magdalena, México. D.F. (Maestría). Facultad de Ciencias. UNAM.
- May, N. (2001), "Dinámica de la regeneración de *Abies religiosa* (HBK) Schl. et Cham., y *Pinus hartwegii* Lindl., en la Estación Forestal Experimental Zoquiapan, Estado de México." (Licenciatura), Universidad Autónoma Chapingo, 34 pp.
- Messier C., Doucet R., Ruel J. C., D Claveau Y., Kelly C. Lechowicz M. J. (1999). Functional ecology of advance regeneration in relation to light in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29, 812-823 pp.
- Montes M., L. C. 2006. "Crecimiento y supervivencia de plántulas de *Bursera glabrifolia* en respuesta a diferentes condiciones ambientales" (Licenciatura) Facultad de Ciencias UNAM. México.
- Mountford E. P., Savill P. S. y Bebbler D. P. (2006). Patterns of regeneration and ground vegetation associated with canopy gaps in a managed beechwood in southern England. *Forestry*, 79 (4), 398-408 pp.
- Navarro-Sandoval, J. (2013). Indicadores morfológicos en *Abies religiosa* y su capacidad predictiva del desempeño en campo. (Maestría). Colegio de Postgraduados.
- Nieto de Pascual Pol., M. C. del C. 2004. Regeneración del oyamel (*Abies religiosa* (HBK) Schltld. et Cham.) bajo condiciones naturales y controladas. (Posgrado en Ciencias Biológicas), Facultad de Ciencias UNAM, 142 pp.

- Nieto de Pascual, P. C., Musálem, M.A y Ortega A. J. 2003. Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa* (HBK) Schl. Et Cham. *Agrociencia*, septiembre-octubre, año/vol. 37, número 005, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México, 521-531 pp.
- Padilla., G. H. 1987. *Glosario práctico de términos forestales*. Universidad Autónoma de Chapingo. Limusa. México. 167 pp.
- Pineda-López, María del Rosario; Ortega-Solís, Rafael; Sánchez-Velásquez, Lázaro R.; Ortiz-Ceballos, Gustavo; Vázquez-Domínguez, Guillermo; (2013). Estructura poblacional de *Abies religiosa* (Kunth) Schltld. et Cham., en el ejido el conejo del Parque Nacional Cofre De Perote, Veracruz, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Septiembre-Diciembre, 375-385 pp.
- Pizarro, C. (2012). Relación del banco y lluvia de semillas con la estructura vegetal de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena. D.F. (Licenciatura). Facultad de Ciencias. UNAM.
- Ponge J. F., André j., Zackrisson O., Bernier N., Nilsson M. C. y Gallet C. (1998). The forest regeneration puzzle. *Bioscience*, American Institute of Biological Sciences, 48 (7), 523-530 pp.
- Sánchez-González, A. y L. López-Mata (2003), “Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal”, *Anales del Instituto de Biología*, Serie Botánica, núm. 74, UNAM, México, 47-71 pp.
- Santibáñez, G. (2015). Estado de conservación de la cuenca del río Magdalena: una evaluación a través de indicadores. (Doctorado). Facultad de Ciencias. UNAM.
- Serrada, R. (2003). “Regeneración natural: situaciones, concepto, factores y evaluación.” *Actas de la III Reunión sobre Regeneración Natural-IV Reunión sobre Ordenación de Montes*. Número 15. Sociedad española de Ciencias Forestales. 11-16 pp.

- Varela, S. y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. Serie técnica, Sistemas Forestales Integrados. Sección Silvicultura en vivero. Bariloche. 10 pp.
- Vizcaino, C. “Regeneración de *Abies religiosa* en la reserve de la Biosfera Mariposa Monarca, 2016. (Licenciatura) Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia UNAM. 71 pp.
- Zetina, J. (2010). Crecimiento y supervivencia de *Abies religiosa* (H.B.K) SCHLTDL & CHAM. bajo diferentes tratamientos de cobertura vegetal en San Nicolás Totolapan, D.F. (Licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 71 pp.