



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ÉXITO DE LA REFORESTACIÓN MEDIANTE UN  
MONITOREO PARTICIPATIVO EN LA CUENCA DEL RÍO  
MAGDALENA, CD. MX., MÉXICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

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

**KAREN ELIZABETH CENTENO BARBA**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. LUCÍA ORALIA ALMEIDA LEÑERO**

**2017**



## Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno	1. Datos del alumno
Apellido paterno	Centeno
Apellido materno	Barba
Nombre(s)	Karen Elizabeth
Teléfono	5523237227
Universidad Nacional Autónoma de México	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias	Facultad de Ciencias
Carrera	Biología
Número de cuenta	308035090
2. Datos del tutor	2. Datos del tutor
Grado	Dra.
Nombre(s)	Lucía Oralia
Apellido paterno	Almeida
Apellido materno	Leñero
3. Datos del sinodal 1	3. Datos del sinodal 1
Grado	Dr.
Nombre(s)	Víctor Daniel
Apellido paterno	Ávila
Apellido materno	Akerberg
4. Datos del sinodal 2	4. Datos del sinodal 2
Grado	Dra.
Nombre(s)	Mariana
Apellido paterno	Hernández
Apellido materno	Apolinar
5. Datos del sinodal 3	5. Datos del sinodal 3
Grado	M. en C.
Nombre(s)	Alya
Apellido paterno	Ramos
Apellido materno	Ramos Elorduy
6. Datos del sinodal 4	6. Datos del sinodal 4
Grado	M. en C.
Nombre(s)	Yuriana
Apellido paterno	Martínez
Apellido materno	Orea
7. Datos del trabajo escrito.	7. Datos del trabajo escrito.
Título	Éxito de la reforestación mediante un monitoreo participativo en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx., México.
Número de páginas	87 p.
Año	2017

“(…) La historia del colibrí trata sobre un bosque enorme que se está consumiendo por el fuego.

Todos los animales del bosque salen y están paralizados, mirando como arde el bosque. Se sienten abrumados e indefensos, excepto un pequeño colibrí que dice “yo voy a hacer algo contra este incendio”. Así que vuela al río más cercano y coge una gota de agua y la suelta sobre las llamas. Y así una y otra vez, tan rápido como puede. Mientras tanto los otros animales (animales mucho más grandes como el elefante, que con su gran trompa podría traer mucho más agua) se quedan ahí indefensos. Y dicen al colibrí: “¿Qué crees que puedes hacer?, ¡este incendio es demasiado grande, tus alas son demasiado pequeñas, y tu pico es tan pequeño que sólo puedes llevar una pequeña gota de agua cada vez!”. Pero, mientras siguen desanimándole, el colibrí se dirige a ellos son perder tiempo y les dice: “hago lo mejor que puedo”.

Y eso es para mí lo que todos nosotros deberíamos hacer. Siempre deberíamos sentirnos como un colibrí. Puede que yo me sienta insignificante pero sé que no quiero ser como los otros animales, mirando como el planeta se va al carajo. Seré un colibrí. Haré lo mejor que pueda.”

*I will be a hummingbird* – **Wangari Maathai**

“We often forget that we are nature. Nature is not something separate from us. So when we say we have lost our connection to nature we’ve lost our connection to ourselves”

**Andy Goldsworthy**

*A mis padres y hermanos*

## Agradecimientos

A todos los integrantes de Grupo Patrulla del Bosque y la Brigada de Incendios E-12 por su apoyo a lo largo de este proyecto, en particular a José María Mora Vázquez, José Antonio Mora Aguilar y José Ángel Mora Aguilar por ser el sostén del proyecto y por todo el conocimiento compartido. Así mismo, a María Tomasa Zarate Ruiz y María del Carmen Gonzales Gutiérrez por su particular entusiasmo. Sin ustedes este trabajo no hubiera sido posible, que en realidad es de ustedes para ustedes, no lo olviden.

A la Comunidad Agraria la Magdalena Contreras Atlitic, por permitirme trabajar y maravillarme con su bosque. Al Sr. Benito Mendoza Cabañas como presidente de los Bienes Comunales y al Sr. Félix Mendoza Cabañas como Presidente del Comité de Cuenca del Río Magdalena por todas las facilidades para realizar los monitoreos. A la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C y a su presidente Moisés Alamilla Mendoza por todo el apoyo y participación a lo largo del proyecto.

A la Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos (Facultad de Ciencias, UNAM), a Sandra Flores Escobar (SEMARNAT) y a Beatriz García Franco de (CONAFOR) por su tiempo y apoyo en la identificación del hongo.

A todos los integrantes del Laboratorio de Ecosistemas de Montaña. En particular a Giselle Arroyo Crivelli y Verónica Aguilar Zamora por apoyarme y acompañarme a lo largo de este proceso. A todos los chicos de servicio social que me apoyaron con el trabajo de campo y de gabinete.

A mis sinodales: Alya Ramos R. Elorduy, Víctor D. Ávila Akerberg y Yuriana Martínez Orea por ser testigos del crecimiento de este trabajo, a Mariana Hernández Apolinar por todo el apoyo en el análisis estadístico y en particular a Lucía O. Almeida Leñero, como directora de tesis, por el tiempo invertido y apoyo a lo largo de todo el proyecto.

A quienes me motivaron a seguir el camino de la ciencia, en particular a mis profesores de biología en CCH Sur, Silvia Toro Badillo y Manuel Becerril González, así mismo, al Taller de ciencia para jóvenes con su proyecto PAPIME-PE103409 “Motivando a futuras generaciones de investigadores”.

*Investigación realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT, IT-2014-15, con el proyecto “Monitoreo participativo de la reforestación, calidad ecológica y restauración de los ríos y arroyos en el bosque de agua con énfasis en la cuenca del río Magdalena, México, D.F.”*

## **Agradecimientos personales**

A mis padres, por darme la vida, por todos los sacrificios, por siempre apoyarme y creer en mí. A mis hermanos, por estar siempre presentes, por todas las travesuras, aventuras y enseñanzas. A mi abuela por ser un gran ejemplo. A ustedes por ser mi más grande admiración, por brindarme todo su amor y comprensión, por ser mis guías de vida y a quienes agradezco por formar a la persona que hoy soy.

A mi segunda familia. A Chantal, Angélica, Adriana y Juanjo por una vida de amistad incondicional. A Daniel y Sergio por el simple hecho de ser ustedes. A Gaby, Melania, Elidet, Marisol, Isaac, Ángel y Sahid por ser tan ñoños y tan fiesteros. A Laura por ser el más grande apoyo durante este proyecto. A ustedes, por ser lo máximo, por todo su apoyo, por ser parte de las más grandes locuras, por las inolvidables aventuras y los mejores momentos.

A todos los que apoyaron directa o indirectamente a la realización de este trabajo, sin ustedes no hubiera sido posible ¡Gracias infinitas!

## Índice

Resumen .....	1
Abstract .....	2
I. Introducción .....	3
I. 1. Importancia del área forestal en México .....	4
I. 2. La deforestación en México .....	5
I. 3. Reforestación .....	7
I. 4. Monitoreo participativo.....	8
II. Antecedentes.....	11
III. Justificación.....	12
IV. Objetivos .....	13
V. Método.....	14
V. 1. Área de estudio .....	14
V. 1.2. Bosque de <i>Abies religiosa</i> .....	15
V. 2. Evaluación del monitoreo participativo de la reforestación .....	17
V. 2.1. 1er Retroalimentación .....	19
V. 2.2. Análisis de la reforestación.....	20
V. 2.3. Comparación entre monitoreo convencional y participativo.....	22
V. 2.4. Comparación de las actividades de manejo forestal .....	22
V. 2.5. 2º Retroalimentación .....	23
V. 2.6. 3er Retroalimentación .....	24
VI. Resultados y discusión .....	24
VI. 1. 1er Retroalimentación .....	24
VI. 2. Análisis de la reforestación .....	28
VI. 2.1. Análisis de supervivencia.....	28
VI. 2.2. Análisis de crecimiento .....	30

VI. 2.3. Calidad de la reforestación.....	33
VI. 3. Comparación entre monitoreo convencional y participativo .....	34
VI. 4. Comparación de las actividades de manejo forestal.....	36
VI. 5. 2° Retroalimentación.....	39
VI. 5. 1. Manual de campo para el monitoreo de la reforestación.....	41
VI. 6. 3° Retroalimentación.....	42
VI. 7. Otras actividades realizadas .....	44
VII. Conclusiones.....	48
VIII. Literatura citada.....	49
XI. Anexos .....	56

## Índice de figuras y anexos

### Figuras

Figura 1. Ciclos del monitoreo a través del tiempo. Tomado de Evans y Guariguata (2008). .....	10
Figura 2. Proceso del monitoreo participativo de la reforestación. Se muestra la consolidación del proceso, iniciada por Ramos y continuada por Salazar. Elaboración propia. ....	12
Figura 3. Ubicación de la CRM y de las parcelas para el monitoreo de la reforestación dentro de la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Elaborado por Aguilar Zamora V.....	18
Figura 4. Diagrama metodológico para la evaluación del monitoreo participativo de la reforestación. Los objetivos particulares se representan en los cuadros verdes. El recuadro morado presenta el objetivo general del trabajo. ....	19
Figura 5. Representación de la subdivisión de las parcelas 1 y 2 para el monitoreo de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Elaboración propia. ....	23
Figura 6. Lona informativa de los monitoreos participativos en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Elaborado por Mariana Fajardo, Giselle Arroyo y Karen Centeno (2015). ....	25
Figura 7. Monitores y miembros de la academia realizando el croquis de la parcela 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	26

Figura 8. Se muestra la medición en la primera y segunda fase de monitoreo de diámetro a la altura de la base de los brinzales monitoreados en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	27
Figura 9. Cerco a lo largo de las parcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	28
Figura 10. Supervivencia en el tiempo en las parcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Se registraron sólo nueve individuos muertos en el año. ....	29
Figura 11. Supervivencia de los brinzales monitoreados contra los datos de la precipitación de la Cd. Mx. Según datos de CONAGUA (2014-2015). ....	29
Figura 12. Crecimiento medio de diámetro en el tiempo: a) a la base del tallo (DAB) y b) en altura total (AT), para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	30
Figura 13. Crecimiento medio en altura de los brinzales monitoreados contra los datos de precipitación de la Cd. Mx. Según datos de CONAGUA (2014-2015). ....	31
Figura 14. TRC media: a) diámetro a la base del tallo (DAB) y b) altura total (AT) para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	32
Figura 15. TAC media en diámetro a la base del tallo (DAB) y altura total (AT) para las parcelas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	33
Figura 16. Calidad media de la reforestación para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena Cd.Mx. ....	34
Figura 17. Crecimiento en diámetro a la base del tallo (DAB) (izquierda) y altura total (AT) (derecha) de ambas parcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Se comparan las mediciones de la academia contra los monitores, en los tres tiempos que se tomaron las muestras: al inicio (1), a la mitad (2) y al finalizar el año (3). ....	35
Figura 18. Crecimiento medio de diámetro en el tiempo: a) a la base del tallo (DAB) y b) en altura total (AT), para las subparcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	37
Figura 19. TRC media para diámetro a la base del tallo (DAB) (izquierda) y altura total (AT) (derecha) con (1) y sin (2) actividades de manejo para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	38
Figura 20. Estadios de <i>Pucciniastrum</i> spp. en las hojas de <i>Abies religiosa</i> monitoreados en la cuenca del río Magdalena Cd. Mx. ....	40

Figura 21. Taller participativo con los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	42
Figura 22. Frecuencia de mención de los problemas identificados en el taller participativo por los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena Cd. Mx. ....	42
Figura 23. Problemas identificados por los monitores, se ordenan de mayor a menor prioridad y a la derecha se presentan las soluciones propuestas por los monitores durante el taller participativo. ....	43
Figura 24. Presentación del informe final y entrega de constancias, reconocimientos y agradecimientos a los monitores de la reforestación y actores locales de la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	45
Figura 25. Constancias y reconocimientos entregados a los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	46
Figura 26. Entrega de playeras a los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	47
<b>Anexos</b>	
Anexo I. Formato para la toma de mediciones.....	56
Anexo II. Subdivisión de las parcelas 1 y 2.....	57
Anexo III. Croquis de las parcelas .....	59
Anexo IV. <i>Pucciniastrum</i> spp.....	61
Figura 1. Aplicación de tratamientos con mochila dispersora a los brinzales monitoreados en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. ....	61
Figura 2. Presencia de <i>Pucciniastrum</i> spp. en las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena Cd. Mx. Se muestra el porcentaje de brinzales infectados en el tiempo. ....	62
Figura 3. Grado de contaminación de <i>Pucciniastrum</i> spp. en el tiempo para: a) parcela 1 y b) parcela 2, en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Se muestra el porcentaje de brinzales contaminados según el grupo. ....	63
Anexo V. Análisis de covarianza para toma de mediciones por evaluador .....	64
Anexo VI. Análisis de varianza de medidas repetidas de las actividades de manejo forestal .....	65
Anexo VII. Manual de campo para el monitoreo de la reforestación.....	67

## Resumen

Los bosques templados brindan servicios ecosistémicos a sus habitantes locales y a las ciudades aledañas. El 80% de los bosques de México se encuentran bajo regímenes de propiedad colectiva, la deforestación es uno de los problemas principales causando la reducción de la captura de agua y de carbono. En los proyectos de restauración, se ha promovido la inclusión de los habitantes locales para que participen de forma activa, obtengan respuesta a sus propias preguntas y puedan tomar decisiones fundamentadas con la información generada. En este trabajo se evaluó el éxito de una reforestación participativa monitoreada por los actores locales de la cuenca del río Magdalena, al suroeste de la Ciudad de México. Se analizó la supervivencia, el crecimiento y la calidad de la reforestación, se evaluó el crecimiento de los brinzales con y sin actividades de manejo forestal y se analizó la precisión entre el monitoreo académico y el participativo. El monitoreo se realizó en dos parcelas, con brinzales de *Abies religiosa* y actores locales. Todo el proceso fue retroalimentado constantemente por los monitores y actores locales. Se obtuvo una supervivencia total del 95% y la salud se mantuvo en el intervalo de buena y excelente. Se calculó la tasa relativa de crecimiento y la tasa absoluta de crecimiento de los brinzales. No hubo diferencia significativa entre las mediciones de los miembros la academia y los monitores. No hubo diferencia significativa en el crecimiento de los brinzales con o sin actividades de manejo forestal, sin embargo, en la interacción tratamiento-parcela sí hubo diferencia significativa en la velocidad de crecimiento. Durante el proceso participativo, se tomaron decisiones de manera oportuna, identificando y solucionando los problemas y necesidades que se generaron al inicio, durante y al final del año de monitoreo, se favoreció el fortalecimiento y vinculación de los actores locales, se divulgaron los resultados obtenidos y se identificaron los desafíos para el monitoreo futuro. Se editó el primer manual de campo como guía del monitoreo participativo de la reforestación en la cuenca del río Magdalena en la Ciudad de México. Se espera que estos resultados den pie al desarrollo de estrategias adecuadas para asegurar el éxito de las reforestaciones en la cuenca del río Magdalena y en otras zonas similares alrededor de la Ciudad de México.

**Palabras clave:** *Abies religiosa*, manejo forestal, restauración, monitores, actores locales, *Pucciniastrum* spp., toma de decisiones, manual para monitoreo, manejo adaptativo.

## Abstract

Temperate forests provide ecosystem services to their local inhabitants and surrounding cities. 80% of Mexico's forests are under collective property regimes, deforestation is one of the main problems causing the reduction of water and carbon capture. In the restoration projects, the inclusion of the local inhabitants has been promoted so that they participate actively, get answers to their own questions and can make informed decisions with the information generated. In this paper, the success of a participatory reforestation monitored by local stakeholders in the Magdalena River basin, southwest of Mexico City, was evaluated. The survival, growth and quality of the reforestation were analyzed, the growth of the saplings with and without forest management activities was evaluated and the precision between the academic and participatory monitoring was analyzed. The monitoring was carried out in two plots, with saplings of *Abies religiosa* and local actors. The entire process was constantly fed back by the local monitors and stakeholders. A total survival of 95% was obtained and health was maintained in the range of good and excellent. The relative growth rate and the absolute growth rate of the saplings were calculated. There was no significant difference between the measurements of the academy and the monitors. There was no significant difference in the growth of the saplings with or without forest management activities, however, in the treatment-plot interaction there was a significant difference in the growth rate. During the participatory process, decisions were made in a timely manner, identifying and solving the problems and needs that were generated at the beginning, during and at the end of the monitoring year, strengthening and linking the local actors was favored, the results obtained were divulged and the challenges for future monitoring were identified. The first field manual was published as a guide for the participatory monitoring of reforestation in the Magdalena River basin in Mexico City. It is expected that these results will lead to the development of adequate strategies to ensure the success of the reforestation in the Magdalena River basin and in other similar zones around Mexico City.

**Keywords:** *Abies religiosa*, forest management, restoration, monitors, stakeholders, *Pucciniastrum* spp., decision making, manual for monitoring, adaptive management.

## I. Introducción

Los bosques son definidos por la FAO (2010a) como las tierras que se extienden por más de 0.5 ha dotadas de árboles con una altura superior a los 5 m y con una cubierta de dosel superior al 10%, excluyendo a la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano. Brindan beneficios diversos, que van desde valores económicos cuantificables hasta servicios y aportaciones a la sociedad que son menos tangibles (FAO, 2010b), estos últimos son conocidos como servicios ecosistémicos.

De acuerdo al Millennium Ecosystem Assessment (2003), los servicios ecosistémicos se clasifican en cuatro categorías según la forma en cómo se relacionan con el hombre: servicios de provisión, de regulación, culturales y de soporte. En particular, los bosques son proveedores de todos estos servicios, pero su función reguladora es una de las más importantes, ya que regulan el clima y la calidad del aire y del agua, protegen el suelo de erosión, favorecen el almacenamiento del agua y la conservación del hábitat, así mismo funcionan como sumideros de carbono (Cram, *et al.*, 2008; Lugo, 2009), entre otros. Los bosques también tienen un gran valor social, ya que millones de individuos dependen de estos ecosistemas para obtener alimento, medicinas, biocombustibles e ingresos complementarios para su subsistencia (Lugo, 2009). Se ha reportado que los bosques cubren más del 90% de las necesidades de la vida rural en los países en desarrollo (Mwavu y Witkowski 2008; Turyahabwe y Banana 2008).

Gran parte de las zonas forestales tienen una presencia humana importante, se estima que alrededor de 300 millones de personas habitan al interior de los bosques y otras 200 millones más viven en zonas adyacentes, las cuales se dedican principalmente al cultivo de la tierra o a la crianza de animales como medio de supervivencia (Molnar *et al.*, 2004). Casi un tercio de la superficie forestal mundial presenta actualmente alguna forma de gestión comunitaria (FAO, 2016), el 11% de estos bosques son manejados o son propiedad de las comunidades locales, existiendo al menos 370 millones de hectáreas bajo conservación comunitaria (Molnar *et al.*, 2004). Los casos más exitosos de este tipo de protección se encuentran en India, Nepal, Honduras, Bolivia, Guatemala y México (Lugo, 2009). Sin embargo, las acciones de la sociedad en general, así como la cercanía y dependencia de una gran cantidad de comunidades locales a las zonas forestales, han alterado de forma negativa el número de los bienes y servicios ecosistémicos que éstas nos proveen (Hilderbrand *et al.*, 2005). Por lo que se considera que

dichas áreas deberían ser las mejor conservadas y las que cuenten con un mayor número de programas de trabajo eficientes (WRI, 1994).

La pérdida y la degradación de los bosques son un problema mundial, estimaciones anuales para los años noventa, indican que alrededor de 9.4 millones de ha han sido afectadas (FAO, 2001; FAO, 2005). En respuesta a esta situación, durante las últimas décadas surgió un gran interés por incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre (De Jong *et al.*, 2004). El ordenamiento sostenible, la rehabilitación y restauración de los bosques pueden conservar o incrementar sus depósitos de carbono; por el contrario, la deforestación y el ordenamiento forestal deficiente los pueden reducir (FAO, 2010b).

Para lograr incrementar los depósitos de carbono, las poblaciones locales, especialmente las ubicadas en los trópicos, deben ser apoyadas para adoptar técnicas apropiadas para el uso y manejo de los bosques, así como para desarrollar prácticas sólidas de restauración de los ecosistemas forestales degradados, los cuales son aún más abundantes en estas zonas (Galabuzi *et al.*, 2014). Sin embargo, se reporta que la mayoría de los gobiernos locales carecen de los fondos necesarios para el mantenimiento de estas áreas, por ejemplo: infraestructura, investigación, promoción, capacitación y personal (Molnar *et al.*, 2004).

## **I. 1. Importancia del área forestal en México**

En superficie forestal, México ocupa el 12° lugar a nivel mundial y el tercero en América Latina. La superficie que se considera forestal alcanzaba en 2010 alrededor de 138 millones de hectáreas, es decir el 70.3% del territorio nacional, del cual el 35% son bosques y selvas. El 29.7% restante corresponde a usos de suelo distintos, como agrícola, pecuario, zonas urbanas, acuícola, entre otros (Del Ángel-Mobarak, 2012).

Las zonas forestales en México son clave para sus pobladores, para el país y para el mundo, dada su capacidad de contribuir a la conservación del ambiente, primordialmente a través de la provisión de diversos servicios ecosistémicos, como la captura de agua y de carbono, así como por su potencial productivo en bienes maderables y no maderables (Del Ángel-Mobarak, 2012).

El medio forestal en México es altamente complejo, porque en éste interactúan tanto una amplia diversidad biológica como una población que es cultural, étnica y socialmente diversa

(Del Ángel-Mobarak, 2012). Particularmente en nuestro país, el 80% de los bosques se encuentran bajo propiedad social; es decir, en manos de aproximadamente 8,000 ejidos y comunidades agrarias, mientras que las zonas forestales de propiedad federal apenas representan el 5% y los de propiedad privada el 15% (Bray y Merino, 2005; Del Ángel-Mobarak, 2012). Es por esto que deben ser las propias comunidades y ejidos quienes hagan el manejo de sus bosques, sin embargo, gran parte de las comunidades forestales presentan condiciones de desarrollo económico y social precarias, con altos índices de marginación y de poca accesibilidad. Ello hace que las soluciones, públicas y privadas, encaminadas a la preservación de las zonas forestales requiera tomar en cuenta la problemática de sus poblaciones (Del Ángel-Mobarak, 2012).

## **I. 2. La deforestación en México**

La deforestación es la pérdida de vegetación forestal por causas inducidas o naturales, de acuerdo con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003), puede traer graves problemas ecológicos, principalmente si ocurre en las partes altas de las cuencas, pues merma la captación de agua, lo que su vez detiene la recarga de los mantos acuíferos (Manson, 2004) y en consecuencia aumenta significativamente el flujo del río y la rapidez a la cual se eleva el nivel del agua después de una tormenta (Sahin y Hall, 1996). Esto contribuye de manera importante al riesgo de inundaciones (Hewlett, 1982) y a la erosión de los suelos (Sündborg y Rapp, 1986). Así mismo, la falta de vegetación ocasiona que los sedimentos se depositen en el lecho del río, provocando que se aumente la concentración de nutrientes como nitratos y fósforos, que a su vez puede causar problemas de eutricación y condiciones anóxicas (Likens y Bormann, 1974; Hornung y Reynolds, 1995; Cram *et al.*, 2008).

La deforestación ha sido un problema histórico en México, al grado de que llegó a ocupar uno de los primeros lugares mundiales en tasas de deforestación (Sarukhán, 2008, Del Ángel-Mobarak, 2012). En los últimos 50 años la cobertura boscosa ha disminuido 29% y en general la vegetación presenta algún grado de deterioro (SEMARNAT, 2003; Nava, 2006).

A la deforestación hay que añadir la fragmentación, ya que ésta lleva a tendencias irreversibles en la pérdida de biodiversidad (Sarukhán, 2008). En consecuencia la reducción de servicios ecosistémicos está contribuyendo indudablemente al problema de la regulación de los patrones hídricos en el país (Manson, 2004). El factor más importante de transformación ha sido

la expansión de las fronteras agrícola y pecuaria (Sarukhán, 2008), así como el crecimiento de la mancha urbana (López y Plata, 2009).

Se estima que el 64% de los suelos del país presentan problemas de degradación en niveles que van de ligera a extrema (Salas y Sandoval, 2012). Para el caso especial de los bosques templados, México ha perdido más del 50% del acervo inicial y otro tanto se encuentra deteriorado (Masera, 1996; SEMARNAT, 2009). La mitad de los 50 millones de hectáreas de bosques templados que existen actualmente, se localizan en Chihuahua, Durango y la Faja Volcánica Transmexicana Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010).

Los estudios de Mas *et al.* (2009) y Rosete-Vergés *et al.* (2014) muestran que en periodos anteriores al año 2000 la superficie forestal que disminuía anualmente era de alrededor de 534,707 hectáreas, mientras que posteriormente se estabiliza en 500,000 hectáreas/año. Es decir, en comparación con las tasas de cambio calculadas en periodos anteriores, la velocidad en la pérdida de la vegetación forestal (para bosques y selvas) ha disminuido. Es crucial que los esfuerzos que han permitido esa mejora continúen de forma constante en el futuro (Del Ángel-Mobarak, 2012), así mismo se requieren de nuevas prácticas o mejorar las que ya se realizan para que estos números disminuyan de forma considerable.

Además de la deforestación, los principales problemas ambientales para México son la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos, la pérdida de biodiversidad, la degradación de suelos, y aunque estos están ligados al crecimiento poblacional, gran parte se deben a la gestión inadecuada (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010). Se propone que para corregir la trayectoria de degradación que ha sufrido la superficie forestal mexicana, es necesario dirigir la política pública hacia la conservación y el fortalecimiento de las áreas forestales (Galindo, 2008; Del Ángel-Mobarak, 2012). Las acciones que se recomiendan promover son: la reforestación para controlar procesos erosivos, regular el régimen hídrico y captar CO<sub>2</sub>; incrementar la protección y prevención contra incendios, plagas y enfermedades; y fomentar el establecimiento de plantaciones forestales exitosas, que tengan un mantenimiento y una reposición adecuada (Galindo, 2008). Se estima que combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en el mundo, los bosques podrían resultar en un sumidero de carbono durante los próximos 100 años, permitiendo reducir de 20 a 50% las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (IPCC, 2007).

### I. 3. Reforestación

La reforestación es una estrategia que permite compensar la deforestación, al recuperar áreas desprovistas de cobertura forestal y al favorecer el restablecimiento de servicios ecosistémicos (FAO, 2010a). Más específicamente la FAO (2010a) establece que la reforestación es el restablecimiento de bosque mediante plantación y/o siembra en tierra ya clasificada como bosque. Por su parte, la LGDFS (Art. 7, 2003), reconoce a esta estrategia como el establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales. En términos prácticos, cabe mencionar que es importante no confundir a la reforestación con la forestación, la cual se refiere al establecimiento de bosque en lugares que, hasta ese momento, no habían sido clasificados como bosques (FAO, 2010a).

Un aspecto social importante de la reforestación, es el hecho de que esta estrategia contribuye a generar empleos para las comunidades aledañas (FAO, 2010a). En México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es el organismo público descentralizado encargado de conducir la política forestal, actualmente dirige programas públicos orientados hacia tres objetivos generales: la conservación y restauración de las áreas forestales, el desarrollo forestal sustentable e impulsar las actividades productivas forestales (Del Ángel-Mobarak, 2012). Así mismo, dentro de CONAFOR, el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) otorga estímulos a los poseedores y propietarios de terrenos forestales para realizar acciones encaminadas a proteger, conservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos de las zonas forestales (Del Ángel-Mobarak, 2012).

Para el 2011 se registró que México había plantado alrededor de 786 millones de árboles, lo que llevó al país a ocupar el cuarto lugar mundial en materia de reforestación (CONAFOR-SEMARNAT, 2011). No existe información exacta sobre las superficies reforestadas ni la supervivencia (Carabias *et al.*, 2007), pero la FAO (2010a) hace una aproximación de las áreas en las que se realizó una restauración de bosques degradados, de acuerdo a la superficie reportada por la CONAFOR, sin embargo, ésta no incluye la superficie apoyada por acciones estatales, municipales y/o privadas. Para el periodo de 1998-2002 se registraron 711,200 ha reforestadas, mientras que para el periodo de 2003-2007 fueron 990,400 ha.

Por su parte la CONAFOR (2006) reporta que las actividades de reforestación realizadas durante el periodo de 2001 a 2006, dieron como resultado una superficie plantada de poco más de

1,002,578 ha, con un porcentaje de supervivencia promedio superior a 50%. Mientras que Bello y Tovar (2000) estiman que solo el 40% de las áreas reforestadas cuentan con un nivel máximo de 60% de supervivencia.

Si bien se han alcanzado avances en el tema de restauración nacional, actualmente se sigue enfocando todo el esfuerzo en la producción y siembra de plantas, pero no en la evaluación y mantenimiento a largo plazo para asegurar la supervivencia y la consolidación del área reforestada (Carabias *et al.*, 2007). Actualmente existe una gran diferencia entre la superficie deforestada y reforestada, ya que por cada hectárea plantada se pierde el doble (Céspedes- Flores y Moreno- Sánchez, 2010) y según datos de la Global Forest Watch, la ganancia de cobertura arbórea es de apenas 633,320 ha para el periodo 2001-2012 (Hansen *et al.*, 2013).

Para los programas de PRONAFOR, el programa de restauración forestal y conservación de suelos recibe el mayor porcentaje de los recursos (CCMSS, 2016), sin embargo, resulta importante analizar si existe un balance en la relación costo-efectividad para los programas de reforestación. Es importante garantizar que el esfuerzo y la inversión realizados antes y durante las plantaciones (colecta de semilla, almacén, germinación y crecimiento de las plántulas) se refleje en el aumento de la cobertura forestal en las zonas degradadas (Wightman y Cruz, 2003) para que a su vez se contribuya a la recuperación de los servicios ecosistémicos.

Se calcula que en México existen 16 millones de hectáreas de terrenos forestales susceptibles a la reforestación con fines de protección y recuperación (Del Ángel-Mobarak, 2012), pero para asegurar su éxito, toda acción de reforestación debe estar acompañada de una planeación, un seguimiento y un manejo adecuados (CONAFOR, 2010).

#### **I. 4. Monitoreo participativo**

Para la planeación y el desarrollo de los proyectos de conservación, restauración y aprovechamiento sustentable, es importante incluir a los habitantes locales como tomadores de decisiones (Del Río Pesado *et al.*, 2003), ya que se ha reportado que estos proyectos tienden a fracasar si los usuarios de los recursos naturales no son incluidos (Evans y Guariguata, 2008).

Actualmente a nivel mundial y para el desarrollo de las estrategias de conservación de los bosques, se trabaja en la inclusión de las comunidades locales (Danielsen *et al.*, 2009; Fernández-Giménez *et al.*, 2008). Una de las formas más eficientes para vincular a las comunidades locales

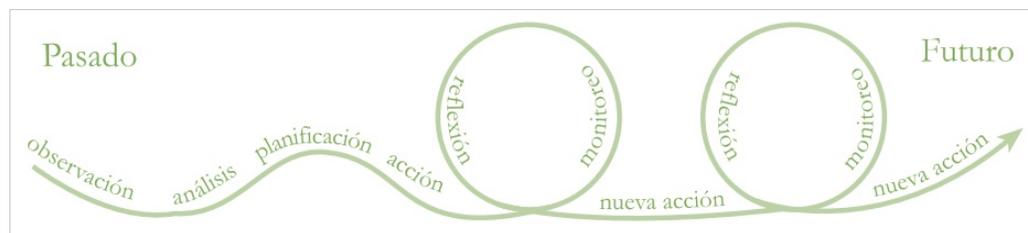
con sus recursos naturales y su manejo, es el monitoreo participativo (MP). El MP se define como el registro sistemático de información por los usuarios locales, para identificar cambios a lo largo del tiempo, donde se analizan los resultados obtenidos, se reflexiona al respecto y se realizan acciones de gestión en respuesta a lo aprendido (Evans y Guariguata, 2008). En este proceso es prioritario que las reflexiones individuales se compartan con todos los involucrados en el proyecto, para que se genere una discusión abierta que de pauta a una retroalimentación y a su vez permita compartir enseñanzas que puedan ser aplicadas a lo largo del desarrollo del proyecto. La retroalimentación puede derivarse de las actividades del monitoreo o a partir de su evaluación, la primera proporciona a las partes interesadas las bases para tomar decisiones o adoptar medidas relacionadas con el proyecto en curso, es decir, ayuda a entender las necesidades inmediatas más que a acumular conocimientos a largo plazo; mientras que la derivada de la evaluación, respalda la función de aprendizaje a partir de las prácticas positivas y negativas al finalizar el proyecto (OESP, 1997).

Dadas las características del MP, se reconocen diferencias respecto al monitoreo convencional (MC), entre las que destacan el ser un monitoreo más responsivo a las necesidades de las personas y más apropiado en el contexto de su vida real. De tal forma, que el MP genera autosuficiencia al aumentar la capacidad de organización y resolución de problemas a nivel local, aumenta la autenticidad en los hallazgos del proyecto al ser más relevantes para la comunidad, así como favorecer una asignación más eficiente de los recursos y mejora la sostenibilidad de las actividades del proyecto gracias a la identificación de fortalezas y debilidades (Estrella y Gaventa, 1998).

A pesar de que el MP requiere un mayor esfuerzo para su desarrollo y coordinación, es económicamente más rentable, pues la falta de presupuesto de los países en desarrollo no les permite llevar a cabo un MC realizado por expertos en el tema (Estrella y Gaventa, 1998; Holck, 2008). Además, al ser más costoso el desarrollo de un MC, generalmente su continuidad se ve limitada, se realiza sólo en momentos específicos, los resultados no son entregados a la comunidad y habitualmente son considerados irrelevantes por los administradores locales (Lawton *et al.*, 1998; Sheil, 2001; Holck, 2008), como resultado, los tomadores de decisiones a menudo carecen de la información necesaria para tomar las mejores decisiones (Padmanaba y Sheil 2007; Pandit *et al.*, 2007).

El MP ha creado nuevas formas de medir el cambio y a su vez ayuda a fortalecer la capacidad de evaluación y supervisión de las personas que se involucran. Cuando se lleva a cabo permite aclarar y negociar las diferencias entre los interesados, e identificar cuáles son las prioridades para alcanzar el objetivo común (Guijt y Gaventa, 1998).

Para la conservación de recursos naturales, el MP incentiva a las comunidades locales a reflexionar sobre la importancia de ellos y cómo se pueden ver afectados los servicios ecosistémicos que les proveen. Si se realiza acertadamente puede aportar beneficios claros a la sociedad, como el integrar y transferir el conocimiento local al científico y viceversa, crear capital social, llevar el poder a las comunidades locales, fortalecer las instituciones locales, generar un sentido de propiedad y responsabilidad sobre sus recursos y favorecer que la toma de decisiones sea más incluyente y se fundamente en la información generada (Evans y Guariguata, 2008). Si el monitoreo resulta exitoso, genera ciclos de aprendizaje, adaptación y toma de decisiones (Fig. 1) (Evans y Guariguata, 2008); es decir, se genera un manejo adaptativo.



**Figura 1. Ciclos del monitoreo a través del tiempo. Tomado de Evans y Guariguata (2008).**

El MP hace uso de indicadores que permiten tomar datos cuantitativos y/o cualitativos para medir o describir un criterio, su principal función es proporcionar una manera sencilla de detectar y medir los cambios y tendencias del proyecto (Guijt y Gaventa, 1998). Estos indicadores son características preestablecidas que idealmente deben ser sensibles a cambios pequeños, ya sea los ocurridos en determinadas condiciones o los que fueron resultado de intervenciones concretas. Aportan pruebas cuantificables del progreso de las actividades del proyecto en cuanto al logro de sus objetivos. Para que los indicadores aporten información eficiente al proyecto, cada uno debe ser simple, medible, fiable, relevante y oportuno (OESP, 1997; Vallauri *et al.*, 2004).

Resulta importante que el tema a monitorear y los indicadores sean elegidos por los participantes locales y conforme obtengan experiencia, el programa debe ser adaptado, agregando temas para responder a nuevas preguntas y se logre identificar la efectividad de las acciones derivadas del manejo (Evans y Guariguata, 2008). Así mismo, se debe aclarar que la participación de los miembros de la academia en el proyecto no es para siempre, y que el objetivo verdadero del MP es que se formen grupos independientes capaces de autogestionarse (Del Río Pesado *et al.*, 2003)

## II. Antecedentes

Actualmente, alrededor del mundo, las comunidades locales trabajan junto con los profesionales o académicos para la elaboración e implementación de programas de monitoreo (Evans y Guariguata, 2008). El MP ha sido usado para evaluar la calidad de suelo (Trejo *et al.*, 1999), la calidad de agua en cuencas (Nare *et al.*, 2011; Burgos *et al.*, 2013) monitorear la biodiversidad (Sheil y Lawrence, 2004) y la diversidad de aves (Becker *et al.*, 2005; Danielsen *et al.*, 2005; Lawrence *et al.*, 2006), entre otros.

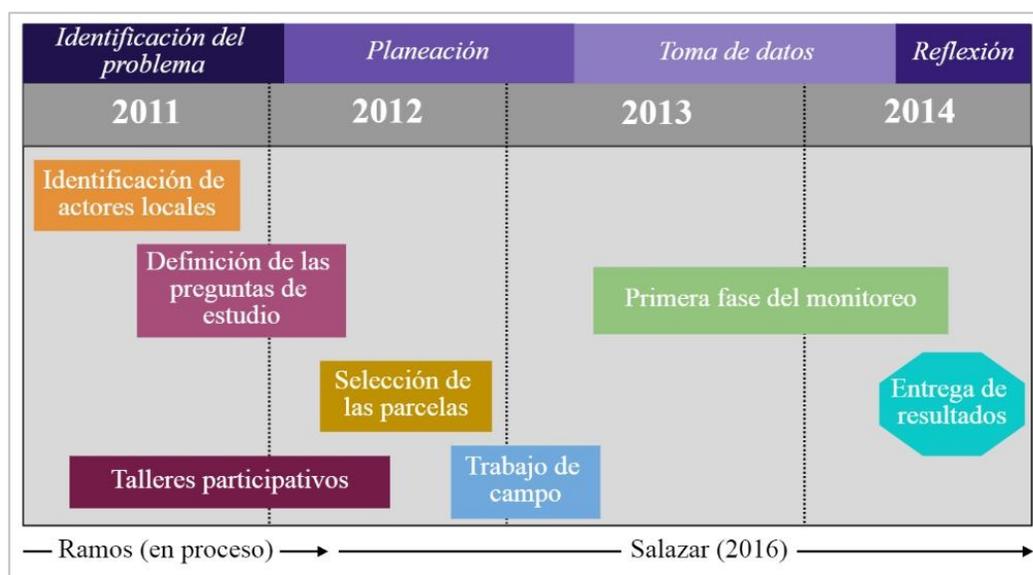
En México existen pocos casos de MP, los reportados han permitido conocer las rutas de migración de mariposas, la diversidad de aves y evaluar la calidad del agua de cuerpos de agua y de cuencas (Burgos *et al.*, 2013; Flores-Díaz *et al.*, 2013; Arroyo-Crivelli, 2017). Estas experiencias han permitido obtener datos científicos que han sido la base para la toma de decisiones colectivas en torno al manejo de las áreas naturales de las comunidades, para la creación de ANP y para la caracterización de zonas prioritarias para la conservación (Danielsen *et al.*, 2010).

En el tema de restauración y rehabilitación de áreas forestales de tipo participativo, se han publicado principalmente manuales y estudios de caso, por ejemplo: para la reforestación participativa (Herrero Campo *et al.*, s.f.), para el manejo forestal participativo (Evans y Guariguata, 2008), para la silvicultura participativa como estrategia de reforestación (Sajjadur Rasheed, 1995) y para el monitoreo y restauración ecológica (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

En lo relativo a el monitoreo de la supervivencia y crecimiento de las plántulas, tema de interés para esta tesis, Jaramillo-López *et al.* (2015) describieron su experiencia en el seguimiento de una reforestación a partir de la aplicación de un abono orgánico, el monitoreo de la

supervivencia y crecimiento de las plántulas se realizó en colaboración con una comunidad del estado de Michoacán en México.

Por su parte, Ramos (en prensa) llevó a cabo un proceso participativo con los actores locales de la cuenca del río Magdalena, en la Ciudad de México, identificó que la comunidad se interesaba en conocer la calidad ecológica del río Magdalena y en entender cómo se desarrollan las reforestaciones realizadas en los terrenos de sus bienes comunales. Esta autora identificó a los actores locales interesados en realizar un seguimiento a estos elementos. A dicho grupo de actores se les dieron pláticas introductorias y se definieron las preguntas de estudio. Para dar seguimiento a este proceso, Salazar (2016) en conjunto con los actores locales, seleccionaron las parcelas en donde se haría la reforestación, se capacitaron las personas que deseaban participar y así se formó el grupo de trabajo y se realizó la primer fase del monitoreo participativo (2013-2014). La figura 2 muestra el resumen de las actividades realizadas para la consolidación del proceso de monitoreo participativo de la reforestación en la cuenca del río Magdalena.



**Figura 2. Proceso del monitoreo participativo de la reforestación. Se muestra la consolidación del proceso, iniciada por Ramos y continuada por Salazar. Elaboración propia.**

### III. Justificación

Para asegurar que el esfuerzo por revertir el impacto que ha causado la deforestación en la generación de servicios ecosistémicos, las reforestaciones deben dejar de basarse únicamente en

el establecimiento de plantaciones, como se han venido realizando, y deberían enfocarse a su manejo, monitoreo y evaluación (Ugalde-Arias, 2003; Carabias *et al.*, 2007).

El desarrollo de un MP podría desempeñar un papel fundamental en la provisión de la información necesaria que permita entender si los trabajos de restauración y rehabilitación en las áreas forestales están teniendo éxito, más allá de cuantificar el número de hectáreas o los incrementos en la cobertura forestal (Evans y Guariguata, 2008).

En el contexto anterior y con la finalidad de dar seguimiento al monitoreo participativo de la reforestación que se realiza en la cuenca del río Magdalena, se pretende obtener datos robustos que permitan analizar el éxito del mismo, evaluando el desarrollo de los brinzales con un seguimiento adecuado. Esto a su vez permitirá que se genere una retroalimentación entre los monitores para identificar las fortalezas y debilidades que presentan estos programas de reforestación locales, y en conjunto con los actores locales tomar las decisiones necesarias que posibiliten tener un mayor éxito en la supervivencia y crecimiento de los brinzales plantados.

Además, es importante comparar la utilidad científica de los métodos realizados por los habitantes locales, por lo que este trabajo busca complementar los resultados obtenidos por Salazar (2016), haciendo un análisis estadístico para comparar los datos registrados por los monitores y los miembros de la academia.

#### **IV. Objetivos**

Evaluar el éxito de una reforestación mediante un monitoreo participativo en la cuenca del río Magdalena de la Ciudad de México.

1. Analizar la supervivencia, crecimiento y calidad de la reforestación.
2. Comparar la precisión de la toma de datos entre el monitoreo convencional y el participativo.
3. Comparar el crecimiento de los brinzales con y sin actividades de manejo forestal.
4. Generar un proceso participativo con los actores locales.
5. Elaborar un manual de campo para el monitoreo participativo de la reforestación.

## V. Método

### V. 1. Área de estudio

Dentro de la Faja Volcánica Transmexicana, en la Sierra de las Cruces, se ubica la cuenca del río Magdalena (CRM) (19° 14' 35'' y 19° 17' 53'' N y 99° 15' 06'' y 99° 20' 18'' W), cuya extensión total es de aproximadamente de 2,925 ha (Ávila-Akerberg, 2002), lo que abarca un 4% del Suelo de conservación de la Ciudad de México (Almeida-Leñero *et al.*, 2007) (Fig. 3).

La cuenca presenta dos tipos de clima: a) C (w2) (w) b (i') – templado subhúmedo y b) C (b') (w) b i – semifrío con verano fresco largo, según la clasificación climática de Köppen (1948), modificado por García (1978). Su vegetación se compone principalmente por bosques templados, con presencia de pastizales y matorrales. El bosque se desarrolla en un relieve montañoso, en donde la altitud mínima es de 2,500 m snm en el norte y al sur tiene un registro máximo de 3,790 m snm (Ávila-Akerberg, 2010). Los suelos son de origen volcánico (Andosol húmico), muy permeables y susceptibles a erosionarse (Jujnovsky, 2006).

La CRM abarca parte de las delegaciones políticas Magdalena Contreras (78%), Álvaro Obregón (5%) y Cuajimalpa (1%) (Ramos, 2008; Ávila-Akerberg, 2010). La delegación Magdalena Contreras tiene una superficie total de 6,389 hectáreas, de las cuales el 76% se encuentran dentro del Suelo de Conservación de la Ciudad de México (Ávila-Akerberg, 2010) y el resto es de uso urbano, el cual cuenta con una población de 239,086 personas (INEGI, 2010). Por esto, la cuenca cumple dos funciones: habitacional y de protección al ecosistema (Garza, 2000; Almeida-Leñero *et al.*, 2007).

El bosque de la CRM ha estado ligado a sus habitantes desde la época prehispánica (Ramos *et al.*, en prensa) y actualmente el régimen de tenencia de la tierra es de tipo comunal y ejidal (Facultad de Ciencias, 2008). La mayor parte de la CRM pertenece a la “Comunidad Agraria la Magdalena Contreras Atlitic” que cuenta con 2,350 ha, sin embargo la comparte en pequeñas proporciones con: las comunidades agrarias de San Bartolo Ameyalco, San Nicolás Tototlapan, San Bernabé Ocotepic, San Lorenzo Acopilco, San Mateo Tlaltenango y el ejido de la Magdalena Contreras (Ramos *et al.*, en prensa).

La cuenca ha sufrido modificaciones importantes desde la época de la colonia por la creación de las plantas hidroeléctricas, las fábricas de papel y las cooperativas e industrias

forestales. En 1941 se declaró la veda de tala en la Ciudad de México y en 1947 se decretó la Zona de protección forestal del río Magdalena (Ramos *et al.*, en prensa). En la actualidad sus pobladores principalmente realizan actividades recreativas que les permiten tener un sustento económico (Ávila-Akerberg, 2002 y 2010).

Los bosques de la CRM son de suma importancia ecológica, social y económica (Jujnovsky, 2006), ya que proveen servicios ecosistémicos de provisión, regulación, soporte y culturales a los habitantes de la Ciudad de México (Almeida-Leñero *et al.*, 2007). Se considera que el río Magdalena (río principal de la CRM) es uno de los pocos abastecimientos de agua superficial a la ciudad que en conjunto con su masa forestal, proveen la mayor parte del agua que se consume en la Ciudad de México (Mazari, 2000, Jujnovsky, 2006). Sus bosques almacenan un promedio de 50 toneladas de carbono por hectárea (Almeida-Leñero *et al.*, 2007) que contribuyen a la retención del suelo y funcionan como amortiguador de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, al encontrarse dentro de una de las ciudades más grandes del mundo son muy vulnerables y como consecuencia los servicios ecosistémicos que proveen se han visto seriamente afectados (Jujnovsky, 2006), por lo que es necesario dar seguimiento y mejorar los programas de conservación y restauración ya implementados (Santibañez-Andrade, 2009; PUMA, 2011).

Dentro de la cuenca, se pueden encontrar bosques en masas puras o mixtas, que están representadas por las especies de los géneros *Pinus*, *Abies* y *Quercus* principalmente (Álvarez-Roman, 2000; Nava, 2003; Ávila-Akerberg, 2004). El presente trabajo se desarrolla dentro del bosque de *Abies religiosa* de la CRM.

#### **V. 1.2. Bosque de *Abies religiosa***

La especie *Abies religiosa* es conocida comúnmente con el nombre de “oyamel” en México (Manzanillo, 1974) y se distribuye de los 21°N en México hasta los 14°N en Guatemala (Bautista-Sampayo, 2013). Se encuentra en bosques de gran altitud (entre 2,400 y 3,600 m snm), en México principalmente a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana, con poblaciones en la Sierra Madre Occidental y en la Sierra Madre Oriental (Jaramillo-Correa *et al.*, 2008). A lo largo de estas zonas generalmente se encuentra formando rodales puros, pero suele asociarse con especies de los géneros *Quercus* spp. y *Pinus* spp. (Bautista-Sampayo, 2013) principalmente en los lugares próximos a los límites altitudinales superior e inferior (Manzanillo, 1974).

Las áreas boscosas de *Abies religiosa* se encuentran principalmente en laderas con pendientes fuertes así como en barrancas y hondonadas con alta humedad en suelo y aire (Santibañez, 2009). Preferentemente se encuentra en suelos profundos, con alto contenido en materia orgánica (Hernández, 1985; Nieto de Pascual, 1995). Este tipo de bosque está constituido principalmente por cuatro o cinco estratos (Madrigal, 1967), los cinco estratos se presentan en bosques con un estado de desarrollo pleno (Nieto de Pascual, 1995). El estrato I o rasante (de 0.01-0.29 m de altura), presenta gran abundancia de musgos, compuestas, solanáceas y algunos macromicetos. El estrato II lo representan plantas herbáceas (de 0.30 a 0.90 m de altura) y el estrato III o arbustivo (de 0.91 a 1.5 m de altura) tiende a presentar una distribución irregular, en algunos sitios se presentan altas coberturas mientras que en otros son muy bajas. El estrato IV o arbóreo inferior (de 3 a 15 m de altura) es escaso, con ejemplares de oyamel de fustes delgados, en tanto que el estrato V o arbóreo superior (de 16 a 35 m de altura) presenta oyameles adultos con coberturas mayores que el estrato inferior (Madrigal, 1967).

Las poblaciones de *Abies religiosa* cubren menos de 0.1% de la superficie del país (Sánchez-González *et al.*, 2005) y se ven amenazadas por los incendios forestales (Ángeles-Cervantes y López-Mata, 2009), el cambio de uso de suelo (Pedraza-Pérez *et al.*, 2009), la contaminación del aire (Saavedra-Romero *et al.*, 2003) y por el cambio climático (Villers-Ruiz y Trejo-Vázquez, 1998; Castellanos-Acuña *et al.*, 2014).

El bosque de *Abies religiosa* de la CRM ocupa el 46% de la cuenca (Ávila-Akerberg, 2010), se distribuye desde los 2,750 hasta los 3,500 m snm y se desarrolla en los dos tipos de climas presentes en la cuenca, con condiciones de temperatura media anual entre los 13.5 y 7.7 °C y con precipitación media anual entre los 1,000 y 1,400 mm (Dobler, 2010). Actualmente se caracteriza por ser un bosque denso con coberturas que alcanzan hasta el 100% y es la comunidad más diversa de la zona de estudio, ya que se ha registrado un total de 40 familias, 81 géneros y 116 especies, de las cuales 27 son indicadoras de deterioro (Nava, 2003) y se reporta que el 2.6% del total se puede caracterizar como bosque perturbado (Ávila-Akerberg, 2010).

El bosque de *Abies religiosa*, es la comunidad dentro de la CRM que contribuye más con la generación de servicios ecosistémicos, dentro de estos, como servicio de regulación destaca la purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono (Jujnovsky, 2006; Nava, 2006; Galeana-Pizaña *et al.*, 2012;). Sin embargo, también es el que presenta mayor riesgo a

deslaves, por lo que es necesario establecer acciones que favorezcan la retención del suelo y a su vez promuevan la regeneración natural (Almeida-Leñero *et al.*, 2007).

## V. 2. Evaluación del monitoreo participativo de la reforestación

Dentro del territorio de la Comunidad Agraria la Magdalena Contreras Atlitic en el bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena se realizó el monitoreo participativo de la reforestación. De julio 2014 a septiembre 2015 se monitorearon 192 brinzales de *Abies religiosa* de los 200 que habían sido plantados en 2013 (Salazar, 2016). Este trabajo se realizó con los monitores que participaron durante la primera fase del monitoreo del Grupo Patrulla del Bosque, la Brigada de Incendios E-12, de la Comunidad Agraria la Magdalena Contreras Atlitic, la Asociación de Comerciantes Unidos de los Dinamos A.C y el Comité de cuenca del río Magdalena.

Los brinzales monitoreados se encuentran distribuidos en dos parcelas que se localizan entre las coordenadas 19° 16' 06.5''N, 99° 17'24.7''W. Ambas entre los 3045 y 3052 m snm y presentan individuos adultos, árboles en pie de reforestaciones de años anteriores y plántulas de regeneración natural de *Abies religiosa*; además, cuentan con pastos amacollados o zacatón, *Acaena elongata*, *Senecio cinerarioides* y *Buddleia parviflora*, entre otras hierbas y arbustos (Salazar, 2016). La parcela 1 (P1) tiene un área de 14.25 x 11.25 m, se encuentra sobre una ladera con orientación noreste y tiene una pendiente de 48°, mientras que la parcela 2 (P2) cuenta con un área de 20.14 x 13.91 m, sobre una ladera con orientación noroeste y tiene una pendiente de 57° (Salazar, 2016).

Para identificar los brinzales, se cuenta con una etiqueta de una lámina de aluminio de 6.5 x 2.0 cm, sujetadas con hilo nylon al tallo del brinzal, enumerados del 001 al 200. En la figura 3 se presenta la ubicación de las parcelas dentro de la CRM.

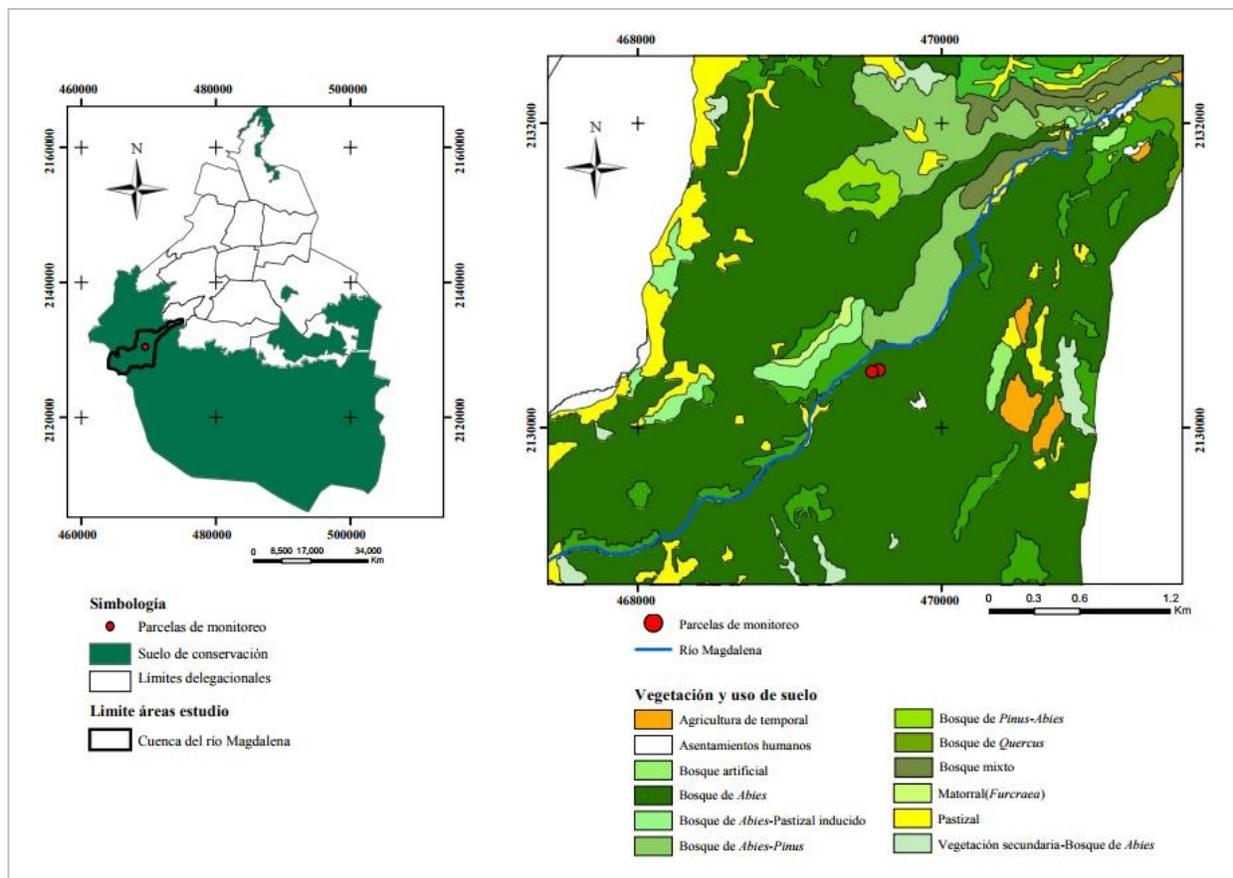
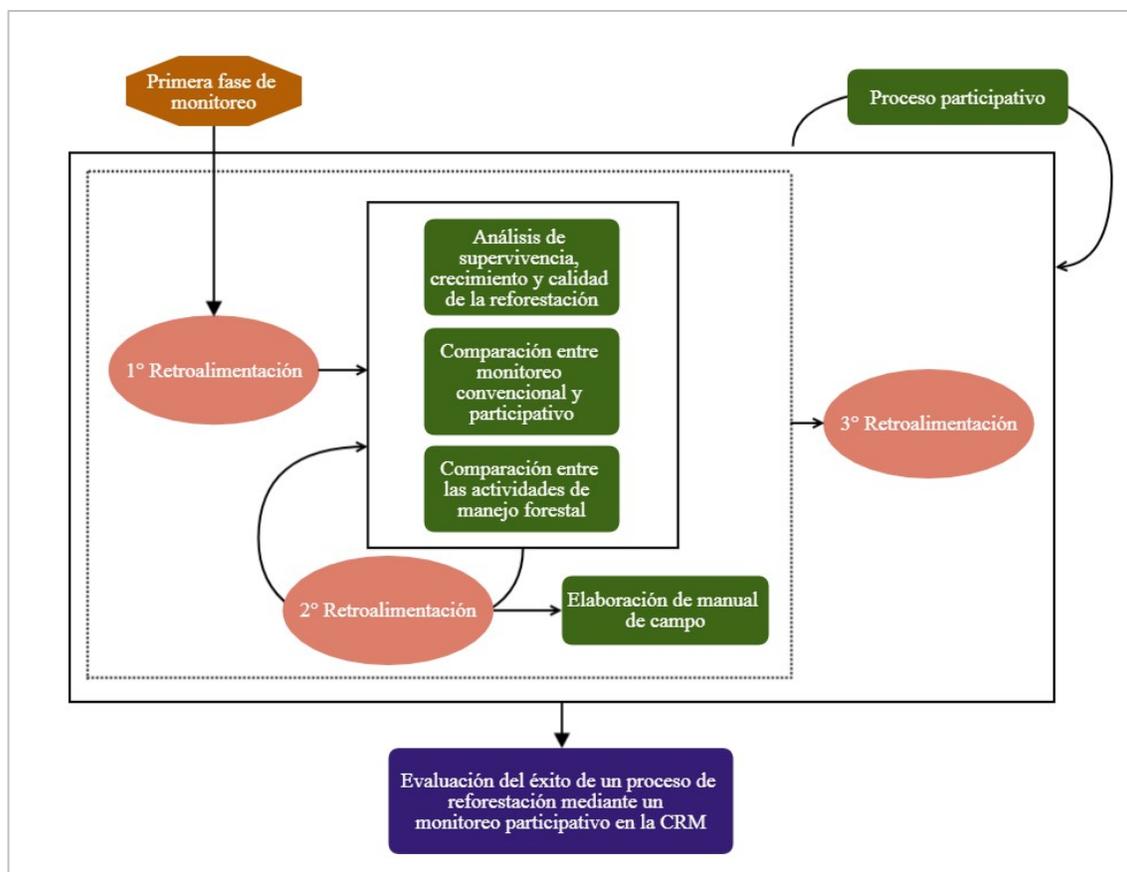


Figura 3. Ubicación de la CRM y de las parcelas para el monitoreo de la reforestación dentro de la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Elaborado por Aguilar Zamora V.

El diagrama metodológico (Fig. 4) muestra las etapas que permitieron evaluar el éxito de la reforestación y las actividades que se generaron a partir del proceso. Para iniciar el proyecto hubo una primera retroalimentación con los monitores, a partir de la cual se definieron las actividades a realizar. Se analizó la supervivencia, crecimiento y calidad de la reforestación, se analizó la precisión entre monitoreo convencional y participativo y se hizo un análisis de las actividades de manejo forestal. A lo largo del año de monitoreo hubo una constante retroalimentación entre los actores, lo que permitió adicionalmente elaborar un manual de campo para el monitoreo de la reforestación. La tercera retroalimentación se realizó para analizar los logros obtenidos y los futuros desafíos. El proceso participativo se generó a lo largo de todo el proyecto, que incluye la primera, segunda y tercera retroalimentación.



**Figura 4. Diagrama metodológico para la evaluación del monitoreo participativo de la reforestación. Los objetivos particulares se representan en los cuadros verdes. El recuadro morado presenta el objetivo general del trabajo.**

### V. 2.1. 1er Retroalimentación

Esta etapa fue la más importante del proyecto, pues se llevaron a cabo ejercicios de análisis y reflexión sobre los logros alcanzados a lo largo de la primera fase de monitoreo para adecuarlo según las nuevas necesidades y darles seguimiento.

En los monitoreos de junio y agosto 2014 se convivió con los monitores y se identificaron los nuevos problemas e inquietudes derivados de la primera fase del monitoreo. Las actividades a realizar, para dar solución a las necesidades y las modificaciones al proyecto, fueron planteadas por los académicos, se discutieron y se establecieron en conjunto con los monitores, los actores locales y los miembros de la academia, según lo recomendado por Del Río Pesado *et al.* (2003).

### V. 2.2. Análisis de la reforestación

El monitoreo se realizó a lo largo del año, mensualmente, para obtener datos de la supervivencia, el crecimiento y la calidad de la reforestación. Estos fueron tomados por los monitores de la manera siguiente:

- Supervivencia. Observando en cada monitoreo si el brinzal seguía vivo de acuerdo al color del follaje o tallo.
- Crecimiento. Registrando el diámetro a la base del tallo y la altura total.
  - Diámetro a la base del tallo (DAB): se tomó el diámetro basal en milímetros al nivel de la base del tallo del brinzal, con un vernier digital.
  - Altura total (AT): se tomó la longitud que va desde la superficie del suelo hasta la yema apical. Esta medición se realizó con una regla graduada de madera de 1.5 m.
- Calidad de la reforestación. Se asignó un puntaje a cada uno de los indicadores previamente establecidos:
  - Color de las hojas
  - Color de tallo
  - Cantidad de follaje
  - Enfermedad o plaga visible

Se consideró la supervivencia y el crecimiento debido a que son las medidas mínimas necesarias para conocer el éxito de una plantación (Torres y Magaña, 2001). El crecimiento en DAB y AT se registró para calcular posteriormente la tasa absoluta y relativa de crecimiento (Torres y Magaña, 2001; Sánchez-Velásquez *et al.*, 2011; Castillo-Argüero *et al.*, 2014). Para conocer el progreso de la reforestación se tomó en cuenta la calidad de la reforestación (González-Moreno, 2008). El formato utilizado para la toma de mediciones se encuentra en el Anexo I.

#### V. 2.3.1. Análisis de supervivencia

Para el análisis de la supervivencia se registraron los brinzales en pie y los individuos muertos. Con base en estos datos se elaboró una gráfica donde se muestra el porcentaje de supervivencia a través del tiempo.

### V. 2.3.2 Análisis de crecimiento

Para facilitar la toma de datos se hizo el cambio de los vernieres analógicos a los digitales en noviembre 2014. Para permitir que se practicara con el nuevo instrumento, se realizó la medición del mes de octubre pero no se reporta.

La toma de datos se modificó de acuerdo al trabajo realizado por Salazar (2016). Este cambio fue recomendado este mismo autor y solicitado por los monitores debido al lento crecimiento de los brinzales. Los datos del crecimiento se tomaron durante 6 meses, alternado un mes si y al siguiente no, a lo largo de año. Con base en la información obtenida para DAB y AT fueron calculadas la tasa absoluta y relativa de crecimiento. Se aplicó la fórmula de Hunt (1978) (Sánchez-Velásquez *et al.*, 2011; Castillo-Argüero *et al.*, 2014):

$$TC = \frac{\ln M_f - \ln M_i}{t_f - t_i}$$

En donde:

TC= tasa absoluta o relativa de crecimiento

In= logaritmo natural

$M_f$  y  $M_i$ = medidas de DAB o AT finales e iniciales de los brinzales

$t_f$  y  $t_i$ = tiempo final e inicial en días

### V. 2.3.3. Calidad de la reforestación

Para analizar la calidad de la reforestación, se categorizaron las características cualitativas de los brinzales (González-Moreno, 2008). De acuerdo con González-Moreno (2008) y modificado con base en Salazar (2016), a cada uno se les asignó un valor:

- Color de las hojas (verde=2, amarillo=1, café=0)
- Color de tallo (verde=1, no verde=0)
- Cantidad de follaje (abundante=2, medio=1, nulo=0)
- Enfermedad o plaga visible (ausencia=1, presencia=0)

Para determinar la calidad de cada brinzal, se hizo la suma de los puntos asignados a cada categoría. Un estado de salud excelente equivale al valor máximo de 6, mientras que cualquier valor menor a 3 indica una deficiencia de salud (González-Moreno, 2008). A partir de la suma del puntaje de todos los brinzales, se calculó la calidad media mensual para cada parcela.

### **V. 2.3. Comparación entre monitoreo convencional y participativo**

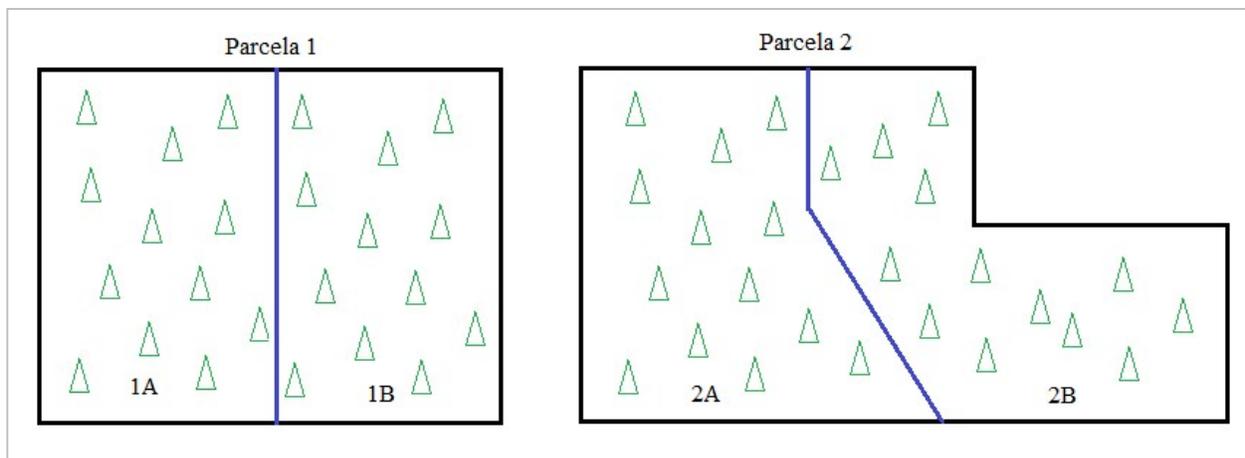
Con el fin de determinar si este tipo de datos pueden ser aprovechados en estudios científicos (Evans y Guariguata, 2008) o en esquemas de monitoreo a gran escala (Holck, 2008), se evaluó si hay diferencia significativa entre la toma de datos entre los miembros de la academia y los habitantes locales, es decir, entre el monitoreo convencional (MC) y el participativo (MP).

Se realizaron 3 mediciones de control por un grupo de académicos de la Facultad de Ciencias (UNAM) (julio 2014, mayo y septiembre 2015) y se compararon con 3 mediciones realizadas por los monitores (septiembre 2014, mayo y agosto 2015). Se realizaron análisis de covarianza (ANCOVA) de dos vías para DAB y AT. Siendo los factores de análisis: 1) el tiempo con tres niveles: diámetro o altura, según el caso, al inicio, a la mitad y al finalizar el año de monitoreo y 2) el evaluador con dos niveles: la academia (MC) y los monitores locales (MP). En estos análisis la covariable fue la TRC media para DAB y AT en el tiempo  $n-1$  y la variable dependiente fueron los datos tomados de TRC media para DAB y AT en el tiempo  $n$ .

### **V. 2.4. Comparación de las actividades de manejo forestal**

Para evaluar el crecimiento de los brinzales con y sin monitoreo participativo, cada una de las parcelas se dividió en dos subparcelas con el mismo número de brinzales (Fig. 5 y en Anexo II), de la manera siguiente: 1) con manejo forestal: subparcelas 1A y 2B y 2) sin actividades de manejo forestal: subparcelas 1B y 2A.

En las subparcelas con manejo, en octubre 2014, se controló el crecimiento de la maleza y a los brinzales se les realizaron podas y se colocaron guías de crecimiento. El control de maleza (chaponeo) consistió en cortar la vegetación que pudiera limitar el desarrollo de los brinzales (CONAFOR, 2010), se realizó de manera mecánica con machetes en toda la subparcela, cortando todas las plantas herbáceas de tamaño mayor (de al menos 20 cm de altura); la maleza cortada no fue removida del lugar para retener la humedad. Las podas consistieron en la eliminación de ramas, esto con el propósito de que en un futuro se faciliten las labores de supervisión y mantenimiento, además reduce el riesgo de incendios (CONAFOR, 2010), esta actividad se realizó a los individuos que tenían ramas bajas (aproximadamente a 15-20 cm del suelo), doble yema apical y ramas horizontales que sobresalían demasiado de la copa. Para dirigir los brinzales a una postura correcta, se colocaron guías de crecimiento (tutores) únicamente a los individuos que lo requerían.



**Figura 5. Representación de la subdivisión de las parcelas 1 y 2 para el monitoreo de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Elaboración propia.**

Para la comparación entre las subparcelas con y sin manejo, se tomó como indicador únicamente el crecimiento de los brinzales, ya que la supervivencia y la calidad de la reforestación se vieron afectadas por otros factores.

Para evaluar si existe diferencia significativa del crecimiento a lo largo del tiempo entre las subparcelas con y sin manejo forestal, se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas de 3 vías para establecer las diferencias de crecimiento. Siendo los factores de análisis: 1) el tiempo, en dos niveles, 2) el tratamiento, siendo los niveles con y sin el manejo forestal y 3) la parcela, con dos niveles: la parcela uno (P1) y la parcela dos (P2). Para este análisis la variable dependiente fue la TRC media en DAB y AT para los diferentes factores; la TRC media se calculó a partir de los datos tomados en el mes de marzo de los años 2014, 2015, 2016 y 2017. Cuando el valor de F demostró diferencias significativas por factor, se llevó a cabo una comparación de medias, con una prueba de Bonferroni con un nivel de significancia del 95%.

#### **V. 2.5. 2° Retroalimentación**

A lo largo del año, al finalizar cada monitoreo, el grupo discutía sobre lo observado en el día y se hacían comparaciones con el mes anterior. Estas discusiones permitieron hacer una toma de decisiones rápida y oportuna al presentarse nuevos problemas, ya que se identificaban éstos, se acordaba sobre las actividades a realizar y se evaluó si estas actividades fueron exitosas o no. Así mismo se fortalecieron y generaron vínculos entre los actores locales.

### V. 2.5.1. *Manual de campo para el monitoreo de la reforestación*

Se editó un manual de campo para el monitoreo de las reforestaciones que se realizan en la CRM, que contiene la información básica y necesaria para el desarrollo del monitoreo participativo de la reforestación con los actores locales. Se desarrolló a partir de los conocimientos y la experiencia generada de la primera y segunda fase del monitoreo y los monitores sugirieron cambios para facilitar su manejo.

### V. 2.6. **3er Retroalimentación**

Se realizó un taller participativo al finalizar el año para conocer las opiniones y las sugerencias de los monitores sobre los resultados obtenidos, éxitos y fracasos, así como futuros desafíos y obstáculos (OESP, 1997),

Se repartieron tres tarjetas para que en cada una, individualmente los monitores, escribieran tres problemas que afectan o podrían afectar al desarrollo y continuación del monitoreo. Los académicos, como facilitadores, agruparon las tarjetas por tema y se calculó el porcentaje de mención de cada uno. En conjunto cada tema se ordenó de mayor a menor prioridad y se discutió sobre las posibles soluciones.

## VI. Resultados y discusión

### VI. 1. **1er Retroalimentación**

A continuación se describen las necesidades identificadas y se indica cómo fueron solucionadas:

- a. Para abordar el **desconocimiento del proyecto por gran parte de todos los actores locales**, se colocó una lona informativa en el acceso a las parcelas de reforestación (Fig. 6) sobre la carretera vehicular, que contiene datos sobre los monitoreos que se realizan en la cuenca (el monitoreo participativo de la reforestación y el monitoreo participativo de la calidad ecológica del río Magdalena (Arroyo-Crivelli, 2017), qué es lo que se mide y cómo contactar a los facilitadores.

Se recomienda realizar una campaña amplia de difusión del proyecto para lograr una participación mayor por parte de los diferentes actores locales, así como colocar una lona informativa más grande, ya que por temor a que esta fuera hurtada, se colocó en la copa de los árboles y en consecuencia su lectura se dificulta.

# MONITOREO PARTICIPATIVO

Es un trabajo colectivo entre la comunidad de la Magdalena Atlitlic y la UNAM, en donde los habitantes locales son monitores en el bosque de oyamel y el río Magdalena.  
Con el fin de intercambiar conocimiento local y científico, para reflexionar sobre el bosque y el río.

## Reforestación de Oyamel (*Abies religiosa*)

En 2 parcelas, les medimos a 200 árboles:

- Color de hojas  
Cantidad del follaje  
Color de tallo
- Presencia de plaga
- Diámetro
- Altura
- Equipo de trabajo
- Si sobreviven

## Calidad ecológica del río

Trabajamos en puntos del río que tu conoces, 4º Dinamo, 2º Dinamo y la Cañada; midiendo:

- Bioindicadores  
Cuenta de bacterias
- Equipo de trabajo
- Impacto del hombre
- Bioindicadores  
Macroinvertebrados
- Fisicoquímicos  
Temperatura, pH, dureza  
Alcalinidad, oxígeno disuelto, turbidez
- Evaluación de la rívera  
Color, olor, tipos de roca

Si estás interesado en participar comunícate con nosotros:  
Laboratorio de Ecosistemas de Montaña: 56224920  
Reforestación, Karen Centeno: kelicent@gmail.com  
Río, Giselle Arroyo: gac\_natura@ciencias.unam.mx

Figura 6. Lona informativa de los monitoreos participativos en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Elaborado por Mariana Fajardo, Giselle Arroyo y Karen Centeno (2015).

- b. Para **favorecer la ubicación de los brinzales a monitorear**, se elaboraron croquis de cada parcela ya que a los monitores se les dificultaba su pronta ubicación, ya que la numeración de los brinzales no era subsecuente y se encontraban entre otros individuos que no eran parte del proyecto, y en consecuencia se extendía el tiempo dedicado a la actividad. La metodología a seguir fue planteada por los académicos, quienes realizaron el croquis de la parcela 2, posteriormente se realizó el de la parcela 1 por el grupo de monitores con apoyo de los miembros de la academia (Fig. 7). Ambos bajo la misma metodología: se tiraron líneas con rafia rodeando las parcelas, después el área resultante se cuadrículó y los brinzales se registraron en hojas milimétricas y finalmente se digitalizó el croquis. Las figuras resultantes se presentan en el Anexo III.



**Figura 7. Monitores y miembros de la academia realizando el croquis de la parcela 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.**

- c. Durante la primera fase del monitoreos se usaron vernieres analógicos para la medición del DAB. Sin embargo, su uso resultó difícil para los monitores, debido a que la mayoría eran adultos mayores, por lo que se decidió **usar vernieres digitales** (Fig. 8).



Figura 8. Se muestra la medición en la primera y segunda fase de monitoreo de diámetro a la altura de la base de los brinzales monitoreados en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

- d. Los monitores expresaron la **necesidad de comprobar los beneficios de dar seguimiento a las reforestaciones**, ya que se trata de una actividad a la que los otros actores locales no le dan prioridad. Por lo tanto, se decidió evaluar el crecimiento entre parcelas con y sin manejo forestal.
- e. Para **evitar la destrucción o daño a la reforestación por el paso del ganado**, los monitores colocaron un cerco con 4 líneas de alambre de púas y postes de madera (Fig. 9). El esfuerzo de colocar una cerca para evitar el paso del ganado funcionó temporalmente, ya que el cerco se colocó únicamente a lo largo de la carretera, en consecuencia el ganado la rodeó y logró pasar principalmente por la parcela 2. Según los actores locales, los propietarios del ganado no pertenecen a ningún miembro de la Comunidad Agraria Magdalena Contreras Atlitic lo que dificulta rastrear su origen. Se recomienda extender el cerco rodeando completamente las parcelas y cubriendo la nueva entrada del ganado, ya que existe una constante preocupación por el daño futuro que puedan causar las vacas a los brinzales, pues según la experiencia del equipo, en este momento se encuentran en una altura de riesgo ya que estos animales podrían usarlos para intentar rascarse y en consecuencia derrumbarlos o romperlos.

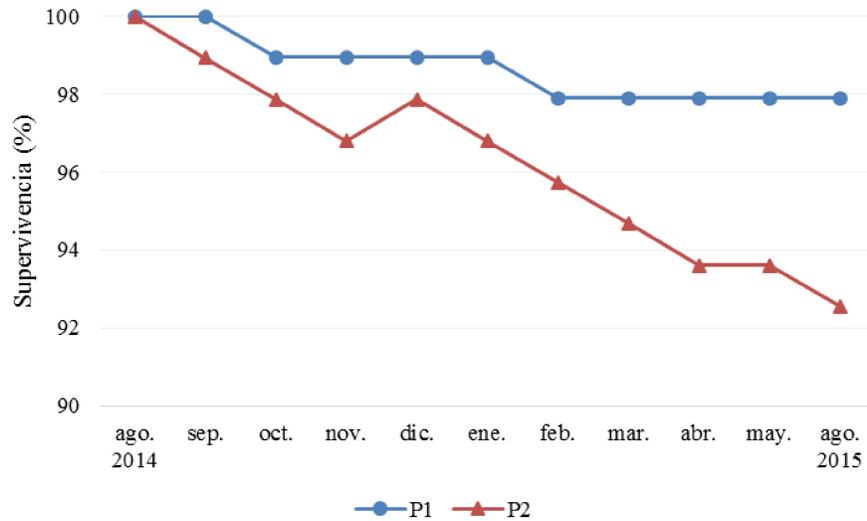


Figura 9. Cerco a lo largo de las parcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

## VI. 2. Análisis de la reforestación

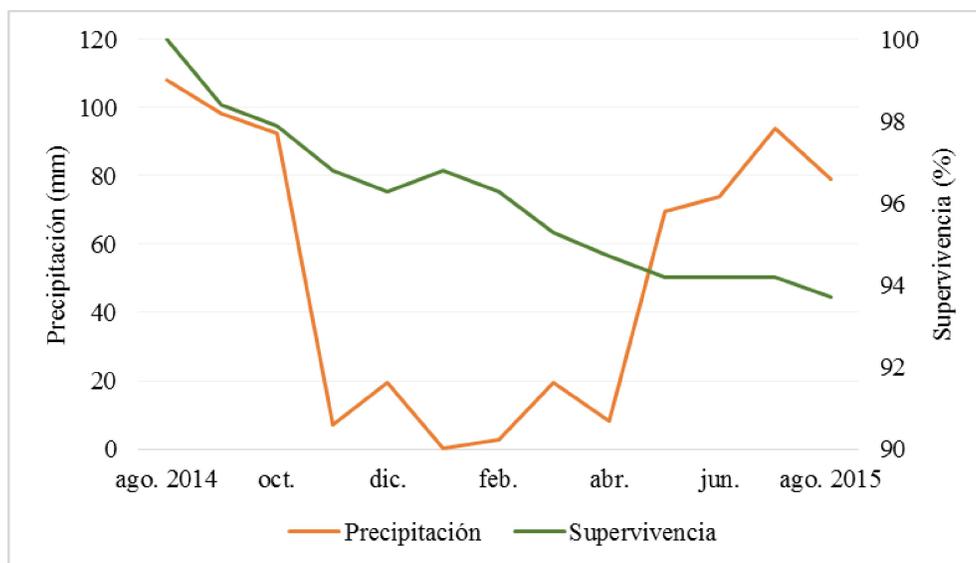
### VI. 2.1. Análisis de supervivencia

La supervivencia de los brinzales en las dos parcelas fue del 95%, siendo la P1 aquella con mayor supervivientes al observarse sólo dos pérdidas (Figura 10). Estos resultados muestran una supervivencia mayor al promedio nacional (que es del 60%). Para la P2 se observa un incremento en el porcentaje de supervivencia de los brinzales en el mes de diciembre, debido a un error en la toma de datos del mes anterior.



**Figura 10. Supervivencia en el tiempo en las parcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Se registraron sólo nueve individuos muertos en el año.**

Si bien la muerte de los brinzales se puede atribuir al efecto de la temporada de secas (Fig. 11), a consecuencia del estrés hídrico o térmico (Nieto de Pascual, 2004), la supervivencia de los brinzales de *A. religiosa* de P2 se vio afectada principalmente por el paso del ganado por la zona. El 56% de los brinzales murieron a lo largo del año por dicha causa y no por causas naturales. Estos resultados coinciden con lo reportado por Salazar (2016) con una tendencia similar en la supervivencia.



**Figura 11. Supervivencia de los brinzales monitoreados contra los datos de la precipitación de la Cd. Mx. Según datos de CONAGUA (2014-2015).**

## VI. 2.2. Análisis de crecimiento

A partir del mes de marzo, en términos del DAB y la AT se observó un crecimiento acelerado en los brinzales de ambas parcelas (Fig. 12), siendo más evidente para esta última variable, esto puede deberse a la precipitación alta que se presentó en la zona, que fue de hasta 94 mm para julio (Fig. 13).

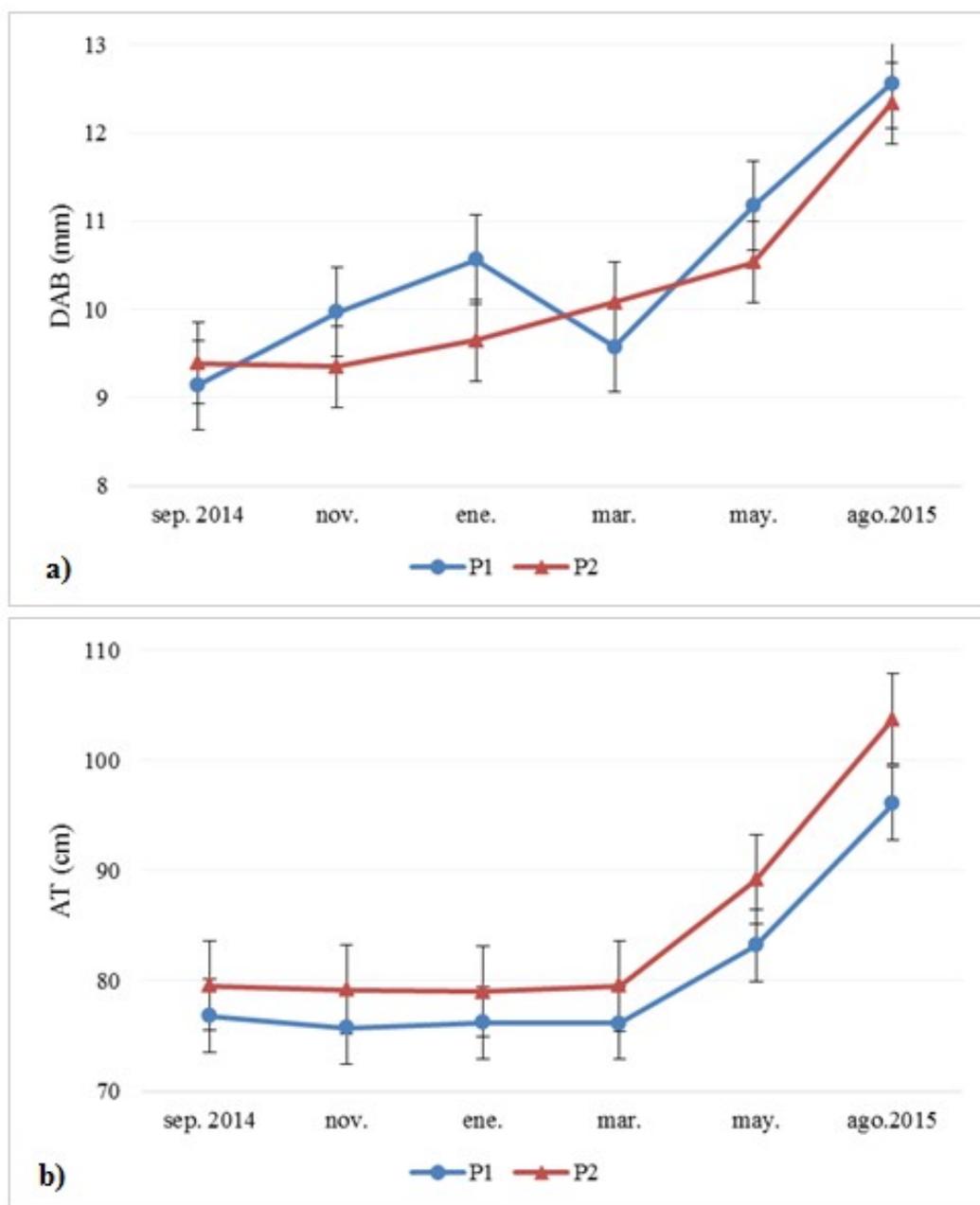
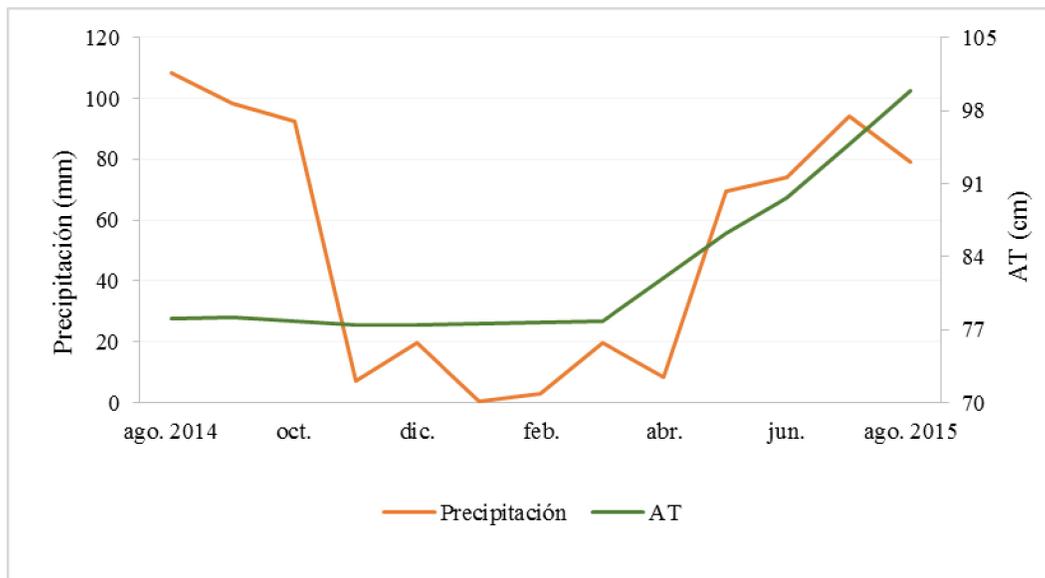


Figura 12. Crecimiento medio de diámetro en el tiempo: a) a la base del tallo (DAB) y b) en altura total (AT), para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

A su vez, esto corresponde a lo reportado por la literatura, ya que al tratarse de una especie leñosa su crecimiento se ve influido por la temporada de secas y lluvias, durante la primera los individuos entran en un estado de latencia para después activar su crecimiento con la llegada de las lluvias (Villar *et al.*, 2004; Viveros-Viveros y Vargas-Hernández 2007; Salazar, 2016).



**Figura 13. Crecimiento medio en altura de los brinzales monitoreados contra los datos de precipitación de la Cd. Mx. Según datos de CONAGUA (2014-2015).**

Se obtuvo la tasa relativa de crecimiento (TRC) para en DAB y AT (Fig. 14) de los brinzales monitoreados. La presencia de tasas negativas de crecimiento pudieron deberse a dos razones, por un lado a la pérdida de agua en los tallos de los brinzales por el estrés hídrico (Raven *et al.*, 1992; Prieto-Ruíz *et al.*, 2003), o bien, por posibles errores en la toma de datos, que fue más evidente para el DAB (Fig. 12a y 14a). A pesar de que el cambio a vernieres digitales permitió que disminuyera el error de lectura y paralaje, probablemente se pudieron presentar errores de mal posicionamiento, ya que usualmente la base de los troncos no es de forma regular y puede presentar heridas, por lo tanto la medición se vio afectada por la forma del tronco y por la persona que tomó la medición.

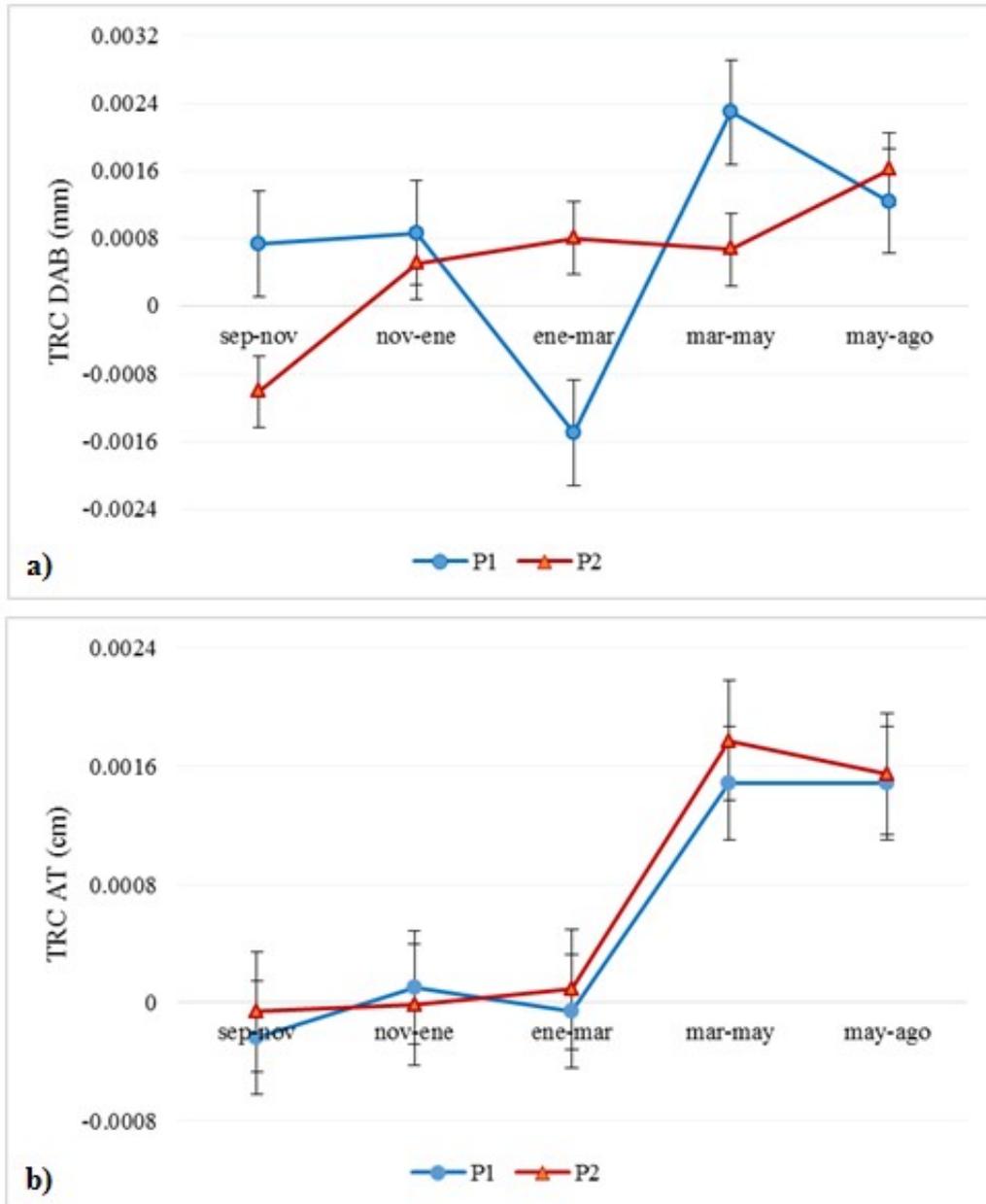
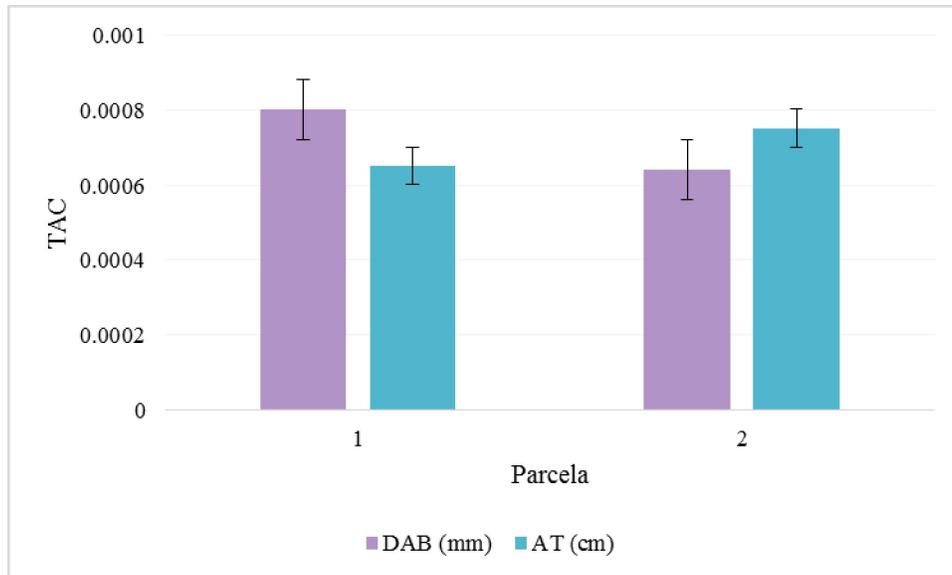


Figura 14. TRC media: a) diámetro a la base del tallo (DAB) y b) altura total (AT) para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

Las medias resultantes de tasa absoluta de crecimiento (TAC) concuerda con lo obtenido por Zetina-Galván (2010) y Salazar (2016), debido al lento crecimiento de *Abies religiosa* incluso en condiciones óptimas (Zetina-Galván, 2010; Castillo-Agüero *et al.*, 2014).

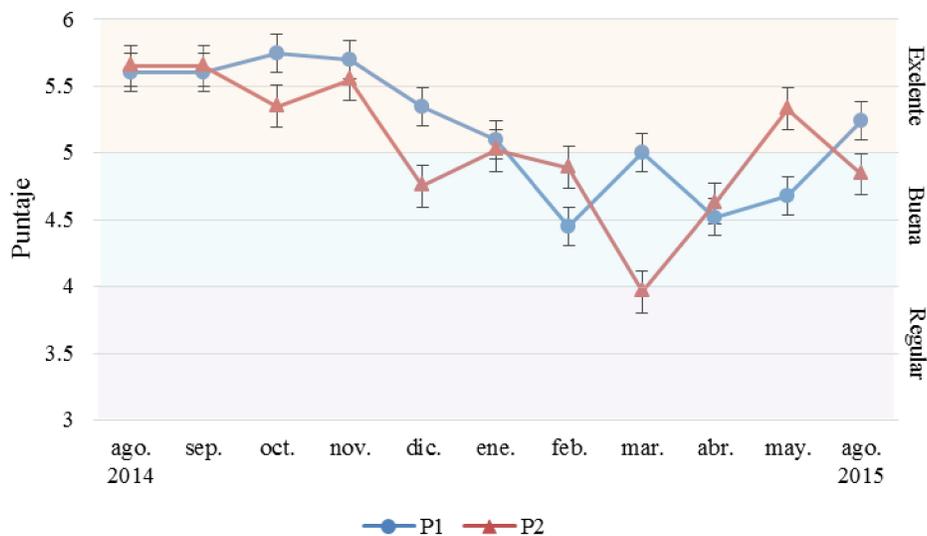
Se observa una diferencia en la TAC entre la P1 y P2 (Fig. 15). A diferencia del trabajo de por Salazar (2016) en el que la P2 tuvo una TAC mayor en DAB y AT, en este trabajo la P2 únicamente tiene una mayor TAC para la AT, y el DAB es mayor para la P1. Esto puede deberse a la diferente orientación de la ladera de cada parcela, ya que el crecimiento se ve afectado por la heterogeneidad biótica y abiótica del sitio (Castillo-Agüero *et al.*, 2014), en este caso las diferentes orientaciones de ladera generan diferentes microambientes.



**Figura 15. TAC media en diámetro a la base del tallo (DAB) y altura total (AT) para las parcelas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.**

### **VI. 2.3. Calidad de la reforestación**

Se observó una la variación en el puntaje de calidad de la reforestación media a lo largo del año (Fig. 16), probablemente como consecuencia de los cambios estacionales, del proceso de establecimiento de las plantas (que puede causar variación en el color de las hojas), el microclima, las diferentes orientaciones de la ladera, y al tratarse de un indicador cualitativo, que depende de la percepción y experiencia de cada monitor.



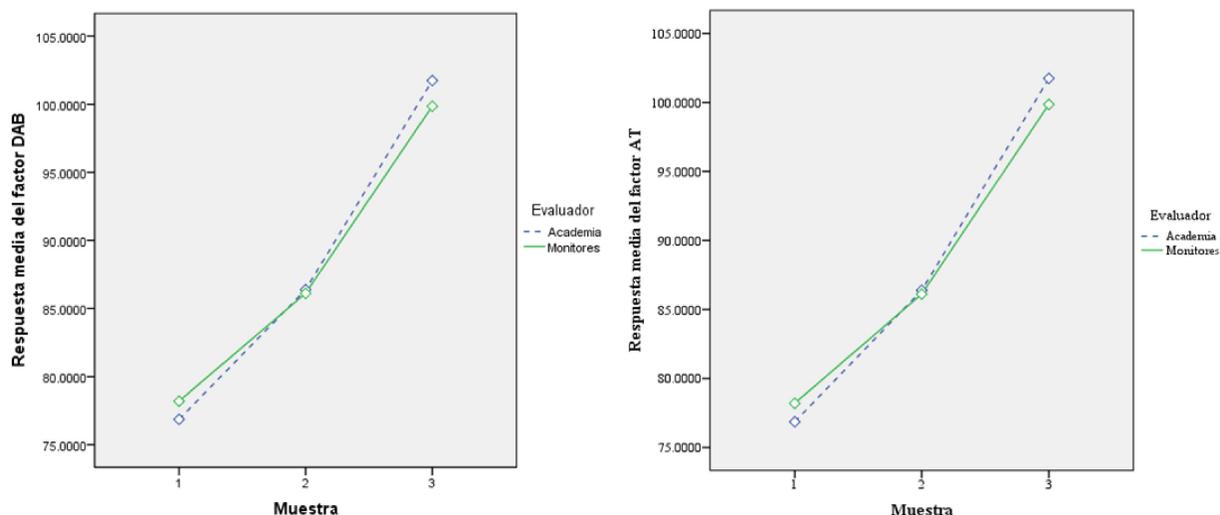
**Figura 16. Calidad media de la reforestación para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena Cd.Mx.**

En el mes de enero se registró la presencia del hongo *Pucciniastrum* spp. en los brinzales monitoreados, por lo que a partir de entonces se refleja una disminución del puntaje y una mayor variación en la evaluación mensual, sin embargo la media permanece dentro de la categoría de buena calidad. Se aplicó un tratamiento y se evaluó su efectividad, las actividades realizadas y los resultados se encuentran en el Anexo IV.

Al igual que en el trabajo de Salazar (2016) la calidad de la reforestación se mantuvo dentro de la categoría de buena, sin embargo este año alcanzó una calidad excelente, ya que probablemente para este momento los brinzales lograron establecerse completamente en la zona y en consecuencia presentar mejores características.

### VI. 3. Comparación entre monitoreo convencional y participativo

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre la toma de datos de la academia y los monitores en altura ( $F_{2,1097;0.744}=0.086$ ) y diámetro ( $F_{2,1094; 0.078}=3.117$ ), con un nivel de significancia del 95% (Anexo V). Es decir, no existe diferencia significativa al comparar la toma de mediciones del monitoreo convencional (MC) con las del monitoreo participativo (MP) de acuerdo con la TRC media en DAB y AT (Fig. 17)



**Figura 17. Crecimiento en diámetro a la base del tallo (DAB) (izquierda) y altura total (AT) (derecha) de ambas parcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Se comparan las mediciones de la academia contra los monitores, en los tres tiempos que se tomaron las muestras: al inicio (1), a la mitad (2) y al finalizar el año (3).**

Los actores locales (MP) y la academia (MC) producen resultados similares, como lo reportan otros autores que han trabajado con monitoreos participativos (Danielsen *et al.*, 2014; Salazar 2016) y si bien, este tipo de análisis no se hizo durante la primera fase del monitoreo (Salazar, 2016), es posible suponer que la práctica constante ha permitido disminuir el error en las mediciones, al no observarse diferencias significativas en este segundo año de mediciones realizadas por los monitores locales. La experiencia adquirida a lo largo del tiempo de colaboración, permitió además, perfeccionar las técnicas y el uso de instrumentos más adecuados para mejorar la calidad de los datos, como lo describe Danielsen *et al.* (2010).

Si bien se ha considerado que el grado de escolaridad de los participantes puede afectar la toma de datos (Holck, 2008), estos resultados indican que el grado de estudios de los monitores locales no es relevante, ya que la mayoría de los participantes apenas alcanza la educación básica (Salazar, 2016). Como este, otros estudios encuentran que la escolaridad no es una limitante para apoyar este tipo de proyectos (Deutsch *et al.*, 2007; Nare *et al.*, 2011; Burgos *et al.*, 2013). Más bien, es importante que se cuente con una capacitación adecuada inicial, para que con la práctica constante se disminuya el error en la toma de datos.

Por esto, se debe reconocer la importancia del MP ya que la toma de datos permite a las localidades establecer bases en las que apoyarse rápidamente para demostrar que el proceso ecológico o la abundancia de cierto bien o servicio ecosistémico se ha visto afectado,

permitiéndoles una mejor y más rápida respuesta ante estos cambios, realizando una toma de decisiones basada en la información generada. A su vez, la vigilancia continua de los bosques permite que los actores locales tomen consciencia sobre los problemas que suelen quedar en segundo plano y que afectan los bosques (FAO, 2010b).

#### **VI. 4. Comparación de las actividades de manejo forestal**

La supervivencia se vio afectada por el paso del ganado más que por los tratamientos aplicados, ya que el 56% del total de los individuos muertos, en algún momento fueron registrados como “pisados por ganado”. Mientras que la calidad de la reforestación se vio afectada por la presencia de *Pucciniastrum* spp. Por esta razón, los indicadores de supervivencia y calidad de la reforestación no se consideraron para la comparación entre tratamientos. En la figura 18 se muestra el crecimiento en DAB y AT a lo largo del tiempo para las subparcelas.

Los resultados del análisis de medidas repetidas indicaron que no existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento de los brinzales en diámetro (TRC media medida en términos de DAB), al comparar el tratamiento ( $F_{1,356;0.000}=1.000$ ) y la parcela ( $F_{1,356;0.437}=0.509$ ). Sin embargo, este análisis indicó diferencias significativas para el factor tiempo ( $F_{1,356;132.995}=0.000$ ) y para la interacción tratamiento-parcela ( $F_{1,356;13.173}=0.000$  (Anexo VI). Por su parte el mismo análisis aplicado para la AT indicó que no existen diferencias significativas en el crecimiento en el tiempo ( $F_{1,356;0.199}=1.635$ ) y en el tratamiento ( $F_{1,356;0.613}=0.256$ ). Sin embargo, para el factor parcela ( $F_{1,356;8.595}=0.004$ ) y la interacción tratamiento-parcela ( $F_{1,356;18.440}=0.000$ ) indicó diferencias significativas (Anexo VI).

La comparación de medias hecha para cada análisis por separado a través del análisis de Bonferroni a un nivel de significancia del 95%, sugiere que la rapidez del crecimiento en DAB y AT en los brinzales con manejo es mayor para la parcela 2, mientras que para la parcela 1 se observa una mayor velocidad de crecimiento sin la realización del manejo (Figura 19).

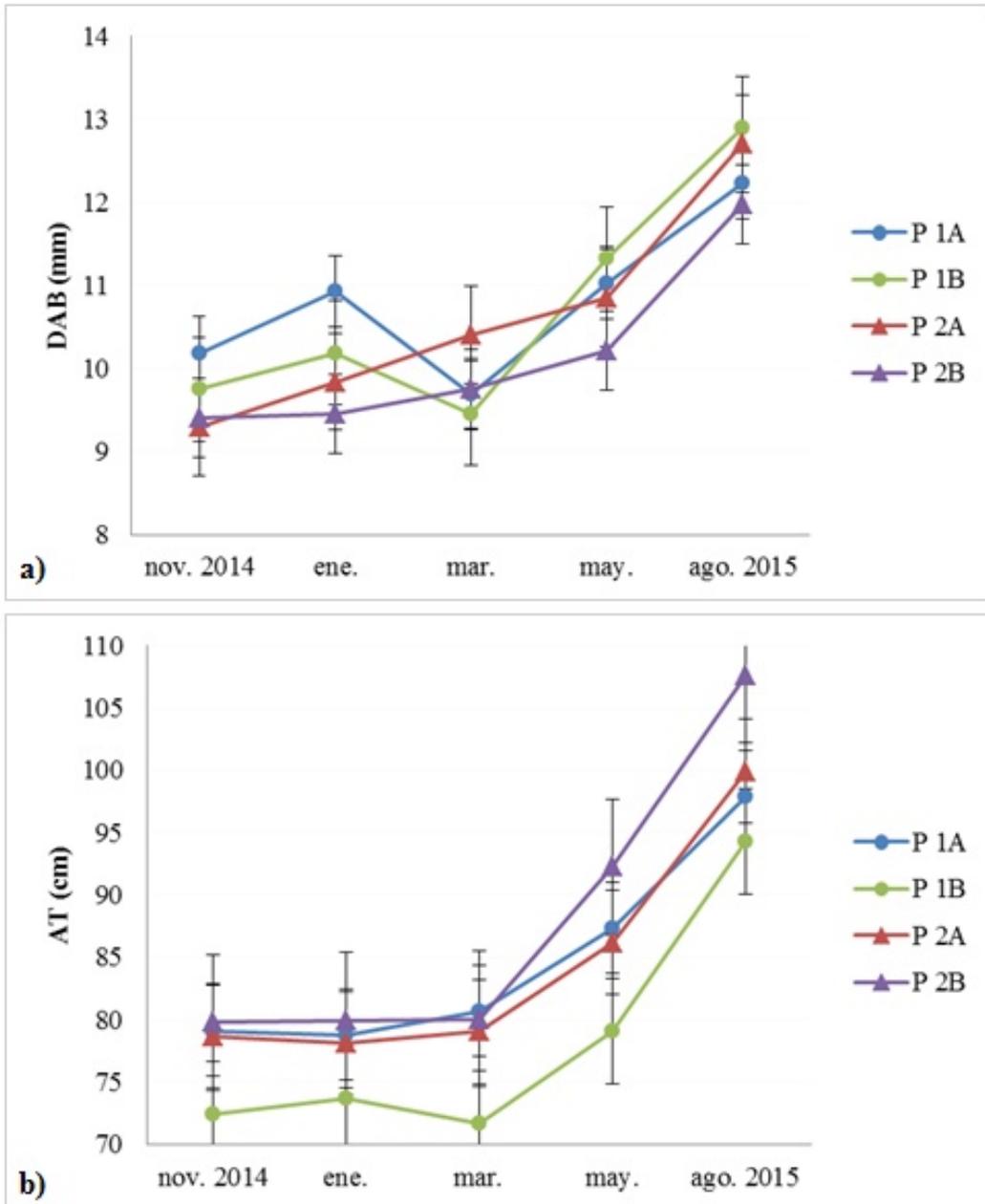


Figura 18. Crecimiento medio de diámetro en el tiempo: a) a la base del tallo (DAB) y b) en altura total (AT), para las subparcelas monitoreadas en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

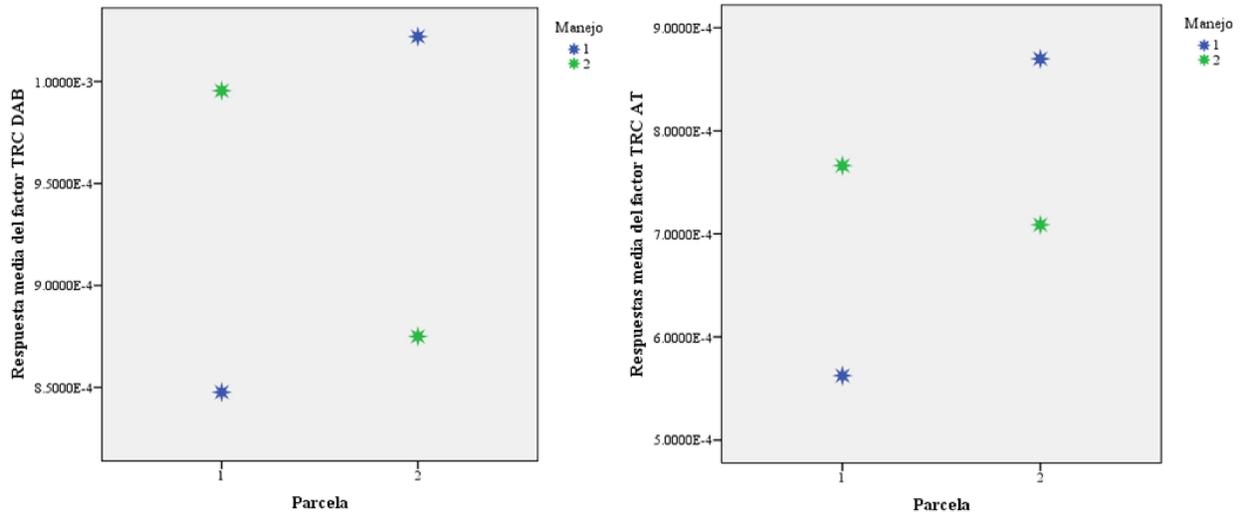


Figura 19. TRC media para diámetro a la base del tallo (DAB) (izquierda) y altura total (AT) (derecha) con (1) y sin (2) actividades de manejo para las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

Las pruebas estadísticas indicaron que no existen diferencias significativas en la velocidad de crecimiento entre los brinzales que tuvieron o no las actividades de manejo forestal, sin embargo, la interacción tratamiento-parcela obtuvo una diferencia significativa para la velocidad de crecimiento en DAB y AT, esto indica que existe una tendencia de crecimiento más rápido bajo las condiciones ambientales adecuadas y con el manejo forestal. Es decir, las actividades de manejo por sí mismas no aseguran un crecimiento más rápido de los brinzales, pero en conjunto con las condiciones microclimáticas adecuadas más el manejo, el crecimiento en diámetro y altura se beneficia significativamente. Por el contrario, el manejo realizado en las condiciones microclimáticas no adecuadas reduce la velocidad de crecimiento. Se propone dar un seguimiento a esta reforestación para confirmar que esta tendencia se mantiene y comprobar que el manejo forestal por sí mismo beneficia al crecimiento de los brinzales.

Como se ha reportado en otros trabajos (Kozlowski, 1999; Marino, 2004; Miquelajauregui-Graf, 2004) estas diferencias en el crecimiento, además de las actividades de manejo forestal, se podrían explicar por la heterogeneidad biótica y abiótica intrínseca al sitio, ya que esta puede estar determinando el crecimiento a causa de la diferente disponibilidad de recursos, principalmente de luz, nutrientes y agua. Se propone realizar una caracterización adecuada de las dos parcelas para las variables de luz, temperatura y humedad. Para conocer la incidencia de luz, la cobertura arbórea y la luz fotosintéticamente activa, los datos se pueden obtener mediante la toma y análisis de fotografías hemisféricas o la medición del flujo fotónico

con un fotómetro o un cuantómetro, incluso se pueden considerar estos análisis como una actividad que pueden realizar los monitores locales, ya que se trata de equipo de uso sencillo, que tras una capacitación y la práctica constante podrían ser usados adecuadamente, los resultados obtenidos podrían facilitar la toma de decisiones sobre los lugares más aptos a ser reforestados con *Abies religiosa*.

SEMARNAT (2010) en su manual de prácticas de reforestación señala la importancia del cuidado y mantenimiento de una zona reforestada, entre las prácticas que se mencionan están: las podas de brinzales con plagas, chaponeo o control de maleza, fertilización, colocación de guías de crecimiento, elaboración de rótulos de protección, entre otros. Estas actividades de manejo forestal ya eran realizadas por los monitores que forman parte del Grupo patrulla del bosque y Brigada contra incendios E-12 y la nombraban “cultivo de árbol”, no obstante, el realizar estas actividades no es prioritario para otros actores locales. Según la experiencia de los monitores, ambas parcelas cuentan con un porcentaje de supervivencia y un crecimiento mayor a otras plantaciones que ellos realizaron y a las que no se les dio un seguimiento como el del monitoreo. Es importante destacar que para que la restauración de las zonas degradadas sea real, se requiere de un enfoque más incluyente, que considere la experiencia local en la toma de decisiones.

Como se ha reportado en otras experiencias de monitoreo participativo, se espera que estos resultados sean la base para favorecer que las decisiones para la conservación y restauración de los bosques en la CRM se tomen de una forma colectiva (Evans y Guariguata, 2008; Danielsen *et al.*, 2010), dándole valor al conocimiento de todos los actores (Guijt y Gaventa, 1998) y reconocerlos como tomadores de decisiones (Del Río Pesado *et al.*, 2003) para que participen activamente de una manera informada en el desarrollo de prácticas adecuadas (Galabuzi *et al.*, 2014).

## **VI. 5. 2° Retroalimentación**

Gracias a las discusiones mensuales, en el mes de enero de 2015 se registró la presencia de estructuras blancas con forma de aguja en el envés de las hojas de los *A. religiosa* (Fig. 20), se tomaron muestras y se llevaron a la Dra. Hermelinda Margarita Villegas Ríos (Facultad de Ciencias, UNAM), quien identificó al hongo como *Pucciniastrum geoppertianum*. En marzo del mismo año, gracias al flujo de información y como respuesta al informe que realizó el Jefe del Departamento de Conservación de los Recursos Naturales (Delegación Magdalena Contreras), en

la junta del Comité de Saneamiento Forestal, personal de SEMARNAT y CONAFOR acudieron a las parcelas para tomar muestras, quienes identificaron al hongo como *Pucciniastrum americanum*. Esto permitió que se hiciera el intercambio de información y vinculación entre más actores.



**Figura 20. Estadios de *Pucciniastrum* spp. en las hojas de *Abies religiosa* monitoreados en la cuenca del río Magdalena Cd. Mx.**

Para fortalecer los vínculos formados entre los actores locales y miembros de la academia, se asistió a actividades importantes para los actores locales como las fiestas de fin de año, la Feria

de la trucha y la quesadilla y la clausura del monitoreo. Además, se hicieron numerosas convivencias en los días festivos del año.

Es importante mencionar que los monitores observaron un gran número de plántulas producto de la regeneración natural, se cree que esto como consecuencia de la protección y de las condiciones microclimáticas generadas por la cobertura de los brinzales de reforestación, después de su proceso de germinación y establecimiento exitoso. Si bien al inicio del proyecto había un gran número plántulas de regeneración natural, no se observaba un crecimiento y había una alta mortandad, para este momento (junio 2017) se registra una alta presencia de las plántulas y alcanzan al menos los 10 cm de altura. Se propone evaluar a futuro la reforestación con un monitoreo participativo como un promotor de la regeneración natural, dando seguimiento al crecimiento y supervivencia de las plántulas producto de esta regeneración.

Gracias al cambio de vernieres y a los croquis para la ubicación de los brinzales, los monitores mostraron satisfacción por la reducción del tiempo invertido en el monitoreo, así mismo se registró una menor variación de los datos a lo largo del año en comparación de la primera fase del monitoreo.

Durante los meses de junio y julio 2015 no fue posible realizar el monitoreo debido a problemas internos en la comunidad. Esto muestra la fragilidad de este tipo de proyectos ante la deficiencia en la organización propia de los actores locales. Para que el proyecto sea sostenible se debe tratar que los conflictos y las tensiones políticas entre los funcionarios de gobierno, los encargados de gestión y las comunidades no obstaculicen la participación de los actores locales en el proceso de monitoreo (Danielsen *et al.*, 2005).

#### **VI. 5. 1. Manual de campo para el monitoreo de la reforestación**

El manual es una guía para realizar el monitoreo participativo de la reforestación dentro del territorio de la Comunidad Agraria la Magdalena Contreras Atlitic. Proporciona a los actores locales una base para desarrollar el monitoreo participativo de la reforestación por cuenta propia, sin la necesidad de la presencia de miembros de la academia, pero siempre como coordinadores a quienes ya cuentan con experiencia en la toma de datos. Se entregaron ejemplares a los monitores, a los principales actores locales y a los tomadores de decisiones con respecto a la actividad forestal. El manual puede ser consultado en el Anexo VII.

### VI. 6. 3° Retroalimentación

A partir del taller participativo realizado con los monitores (Fig. 21) se identificaron los problemas que afectan o podrían afectar al monitoreo, se ordenaron de mayor a menor prioridad y se propusieron soluciones para hacerles frente (Fig. 23). En la figura 22 se muestra la frecuencia con la que se mencionó cada uno de los problemas.



Figura 21. Taller participativo con los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

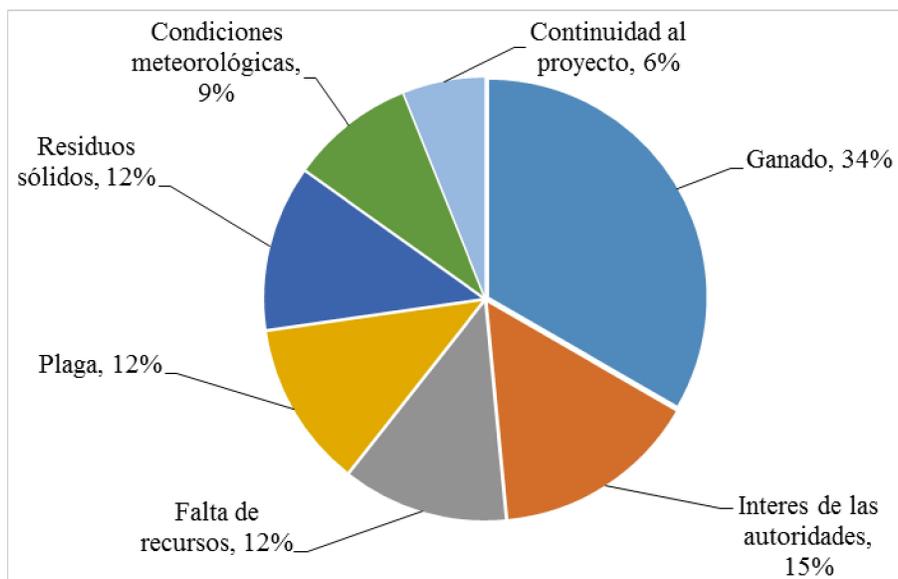


Figura 22. Frecuencia de mención de los problemas identificados en el taller participativo por los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena Cd. Mx.

Figura 23. Problemas identificados por los monitores, se ordenan de mayor a menor prioridad y a la derecha se presentan las soluciones propuestas por los monitores durante el taller participativo.

Problemas identificados	Soluciones propuestas
Falta de recursos	Vehículo disponible y con combustible Mayor número de participantes Mayor inversión económica
Interés de las autoridades Continuidad del proyecto	Campaña de difusión Reuniones con actores locales Coordinación
Ganado Plaga Residuos sólidos	Apoyo de la Delegación Cercado Programa de saneamiento Concientizar a los actores Continuidad al proyecto Vigilancia Protección a las parcelas Mejorar métodos
Condiciones meteorológicas	Calendarizar la actividad

A pesar de registrarse otros problemas con mayor porcentaje de menciones, como el “ganado” (34%) y el “interés de las autoridades” (15%), durante la discusión se identificó que primero es necesario resolver la falta de recursos (12%), tanto económicos como en especie, ya que una vez cubierta esta necesidad será posible contar con más personal y con el equipo necesario para mejorar el desarrollo del proyecto, lo que a su vez facilitará darle continuidad y dar solución a los problemas derivados. El siguiente punto a considerar es el interés en el monitoreo por parte de las autoridades comunales y de la delegación, pues este puede afectar su continuidad, se propone realizar una campaña de difusión para mantener informado a todos los actores locales de los resultados obtenidos y en consecuencia se podría generar una coordinación entre los diferentes actores en pro del monitoreo participativo de la reforestación.

También indicaron que la presencia de plagas, ganado y residuos sólidos pueden afectar directamente a la supervivencia de los brinzales y por tanto al éxito de la reforestación, se propone concientizar sobre esta problemática, tener una mejor coordinación para asegurar la

vigilancia de las parcelas y proteger la plantación con cercado con apoyo de los actores locales. Y por último se consideró a las condiciones meteorológicas como un factor que lo puede entorpecer, por ejemplo, en época de lluvias se puede dificultar realizarlo. Además, se propone calendarizar previamente las actividades de monitoreo para asegurar la participación de los monitores.

Para abarcar una mayor área y un mayor número de brinzales a monitorear en otras parcelas, es necesario integrar al grupo más personas interesadas en participar, estas a su vez pueden ser capacitadas por los monitores que han estado realizando la actividad durante los últimos años. Sin embargo, es necesario que primero se fortalezcan las relaciones entre los actores de la CRM para incentivar la generación de confianza y de compromiso dentro y entre los diferentes actores locales, y en consecuencia se mejoren los canales de comunicación e información que faciliten el desarrollo del proyecto.

#### **VI. 7. Otras actividades realizadas**

Para formalizar el cierre del año del monitoreo, se realizó una reunión en octubre de 2015 (Fig. 24), en donde se entregó un informe final escrito y se presentó el mismo a los actores locales, este incluyó el trabajo realizado durante el año de monitoreo, los resultados obtenidos y los principales retos a enfrentar. Durante el evento se invitó a participar a los interesados en las futuras actividades del monitoreo.

Así mismo se hizo una entrega de constancias a los monitores que participaron en la primera y segunda fase del monitoreo, reconocimientos a las personas que se integraron al segundo año y agradecimientos a los actores locales y autoridades que facilitaron se diera continuidad al proyecto (Fig. 25).



**Figura 24. Presentación del informe final y entrega de constancias, reconocimientos y agradecimientos a los monitores de la reforestación y actores locales de la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.**

La presentación del proyecto y sus resultados permiten que el proyecto se difunda de boca en boca y llegue a más personas que posiblemente estén interesadas en participar en el monitoreo. La entrega de constancias y reconocimientos permite hacer visible a los actores locales quienes han participado y cuentan con un interés en el mejoramiento de sus áreas forestales. Así mismo, quienes están capacitados para realizar el monitoreo sin depender de la presencia estricta de miembros de la academia. Aunado a esto, al inicio del año se hizo una entrega de playeras estampadas a los monitores (Fig. 26), lo que permite identificar al grupo y genera un sentido de pertenencia al mismo.



Figura 25. Constancias y reconocimientos entregados a los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.



Figura 26. Entrega de playeras a los monitores de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.

## VII. Conclusiones

- Se llevó a cabo un monitoreo de la reforestación durante un periodo de un año (2014-2015), en el cual los actores locales realizaron la toma de datos.
- La reforestación evaluada presentó una supervivencia de 95%, con una calidad que va de buena a excelente. Estos indicadores se vieron afectados por el paso del ganado que fue la causa de más de la mitad de los brinzales muertos y la presencia de *Pucciniastrum* spp. que afectó la calidad de la reforestación.
- Se logró conocer la tasa relativa y absoluta de crecimiento para la altura y el diámetro de los brinzales de *Abies religiosa*.
- Se logró disminuir el tiempo empleado para realizar la actividad y se disminuyó el error en la toma de datos con base en la primera fase de monitoreo, a partir de la capacitación y práctica en la toma de datos
- Entre las mediciones tomadas por la academia y los monitores no se encontró diferencia significativa.
- Las mediciones realizadas por los habitantes locales puedan ser utilizadas en análisis científicos
- Al incorporar a los habitantes locales en el análisis del cambio de sus recursos naturales se podría fomentar la vigilancia continua, práctica que es mucho más barata en comparación con el monitoreo convencional, que genera además, un sentido de pertenencia y responsabilidad sobre sus recursos naturales.
- Con o sin las actividades de manejo forestal no hubo diferencias significativas en el crecimiento de los brinzales
- En la interacción tratamiento-parcela sí hubo diferencias significativas en la velocidad de crecimiento. Esto quiere decir que las condiciones microclimáticas están influyendo en el crecimiento de los brinzales, por lo que es necesario hacer una caracterización de ambas parcelas para la variables de luz, temperatura y humedad.
- A partir de los resultados de esta experiencia se pueden desarrollar estrategias locales adecuadas para asegurar un mayor éxito en las reforestaciones que se realizan en la CRM y en otras zonas similares alrededor de la Ciudad de México.

- Las retroalimentaciones fueron la parte más importante del proyecto, ya que permitieron identificar las necesidades que surgieron al inicio, durante y al finalizar el proyecto. Se buscó dar respuesta a cada una y se plasmaron propuestas para el futuro.
- La edición del primer manual de campo para el monitoreo de la reforestación busca que la intervención de la academia eventualmente se reduzca y así se genere una autonomía local en el proyecto.
- La divulgación del proyecto y sus logros resultan de vital importancia para el seguimiento del monitoreo, para que todos los actores locales conozcan sobre la importancia de realizar este tipo de trabajos y los beneficios que genera.

### VIII. Literatura citada

- Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp.
- Almeida-Leñero, L., Espinosa, M., Nava, M., Ramos, A., De Jesús Ordoñez, M., y Jujnovsky, J. 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena. Distrito Federal. México. Gaceta ecologica número especial: 53-64.
- Álvarez-Roman, K. E. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el bosque de los Dinamos, área de conservación ecológica de la delegación Magdalena Contreras. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México, D.F. 126 pp.
- Ángeles-Cervantes, E., y López-Mata, I. 2009. Supervivencia de una cohorte de *Abies religiosa* bajo diferentes condiciones post-incendio. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 84: 25–33.
- Arroyo-Crivelli, G. 2017. Monitoreo participativo de la calidad ecológica del río Magdalena, Cd. Mx., México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 92 pp.
- Ávila-Akerberg, V. 2002. La vegetación de la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 86 pp.
- Ávila-Akerberg, V. 2004. Autenticidad de los bosques en la cuenca alta del río Magdalena. Diagnóstico hacia la restauración ecológica. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 90 pp.
- Ávila-Akerberg V. 2010. Forest quality in the southwest of Mexico City: assessment towards ecological restoration of ecosystem services. Culterra, Band 56, Institut für Landespflege. University of Freiburg, Germany. 167 pp.
- Bautista-Sampayo, C. 2013. Estructura del bosque y arquitectura de brinzales de *Abies religiosa* en Taxco, Tlaxcala. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 103 pp.
- Becker, C., Agreda, A., Astudillo, E., Costantino, M. y P. Torres. 2005. Community-based monitoring of fog capture and biodiversity at Loma Alta, Ecuador enhance social capital and institutional cooperation. Biodiversity and Conservation, 14: 2695-2707.
- Bello, L.A. y Tovar, J.C. 2000. Evaluación Técnica de la Reforestación 1998. Memoria del Primer Congreso Nacional de Reforestación, 8-10 Nov. 2000. Montecillo, México. En Wightman, K. E. y Cruz, B. S. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. Foresta Veracruzana, 5(1): 45-51

- Bray, D. y L. Merino. 2005. La experiencia de las comunidades forestales en México. Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias. INE-SEMARNAT y Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C., México. 272 pp.
- Burgos, A., Páez, R., Carmona, E. y H. Rivas. 2013. A systems approach to modeling Community-Based Environmental Monitoring: a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 10297–10316.
- Carabias, J., Arriaga, V., y Cervantes, V. 2007. Las políticas públicas de la restauración ambiental en México: limitantes, avances, rezagos y retos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80: 85-100
- Castellanos-Acuña D., Lindig-Cisneros R., Silva-Farias M., y Sáenz-Romero C. 2014. Zonificación altitudinal provisional de *Abies religiosa* en un área cercana a la reserva de la biósfera de la mariposa monarca, Michoacán. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20: 215-225.
- Castillo-Argüero, S., Martínez-Orea, Y., y Barajas-Guzmán, G. 2014. Establecimiento de tres especies arbóreas en la cuenca del río Magdalena, México. *Botanical Sciences*, 92(2): 309-317.
- CCMSS. 2016. Monitoreo de políticas públicas. Nota informativa 43 [En línea] Consultado en: <<http://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2015/10/NOTA-43-Presupuesto-y-cambios-en-Conafor-2016-1.pdf>>
- Céspedes-Flores, S. E., y Moreno- Sánchez, E. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental*, 2(2), 5-13.
- CONAFOR. 2006. Desarrollo Forestal Sustentable en México. Avances 2001-2006. México.
- CONAFOR. 2010. Prácticas de reforestación. Manual básico. México: Comisión Nacional Forestal.
- CONAFOR-SENARNAT. 2011. México, cuarto lugar mundial en reforestación. Presidencia de la Republica. Comunicado 534/11. [En línea] Consultado en: <<http://calderon.presidencia.gob.mx/2011/12/mexico-cuarto-lugar-mundial-en-reforestacion/>>
- Cram, S., Cotler, H., Morales, L. M. y Sommer, I., 2008. Identificación de los servicios ambientales potenciales en el paisaje urbano del Distrito Federal. *Boletín del Instituto de Geografía*, 66:81-104.
- Danielsen, F., Burgess, N. y Balmford, D. 2005. Monitoring matters: Examining the potential of locally-based approaches. *Biodiversity and Conservation*, 14: 2507-2542.
- Danielsen, F., Burgess, M., Balmford, A., Donald, P., Funder, M., Jones, J., Alviola, P., Balete, D., Blomley, T., Brashares, J., Child, B., Enghoff, M., Fjeldsá, J., Holt, S., Hübertz, H., Jensen, A., Jensen, P., Massao, J., Mendoza, M., Ngaga, Y., Poulsen, M., Rueda, R., Sam, M., Skielboe, T., Hill, G., Jorgensen, E. y D. Yonten. 2009. Local Participation in Natural Resource Monitoring a Characterization of Approaches. *Conservation Biology*, 23(1):31-42.
- Danielsen, F., N.D., Burgess, P. M., Jensen y K. Pirhofer-Walz. 2010. Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people involvement. *Journal of Applied Ecology*: 1-20 pp.
- Danielsen, F., Jensen, P. M., Burgess, N. D., Altamirano, R., Alviola, P. A., Andrianandrasana, H., Brashares, J. S., Burton, A. C., Coronado, I., Corpuz, N., Enghoff, M., Fjeldsâ, J., Funder, M., Holt, S., Hübertz, H., Jensen, A. E., Lewis, R., Massao, J., Mendoza, M. M., Ngaga, Y., Pipper, C. B., Poulsen, M. K., Rueda, R. M., Sam, M. K., Skielboe, T., Sorensen, M. y Young, R. 2014. A multicity assessment of topical resource monitoring by local communities. *BioScience* 64: 236-251.
- De Jong, B., O. Maser y T. Hernández. 2004. Opciones de captura de carbono en el sector forestal. En: Cambio climático. Una visión desde México. Martínez, J. y Fernández A. (Comps). INE-SEMARNAT. 369-380 pp.
- Del Ángel-Mobarak (Coord.). 2012. La Comisión Nacional Forestal en la historia y el futuro de la política forestal en México. México: CONAFOR/CIDE. 349 pp.

- Del Río Pesado, G., Hernández Saldaña, E., Muñiz Salcedo, A. M., y Sánchez Ledesma, G. 2003. Participación y organización comunitaria, un requisito indispensable en la conservación de los recursos naturales. El caso de los ecosistemas templados de montaña. 259-280 pp. En Sánchez, O., Vega, E., Peters, E., Monroy-Vilchis (editores). 2003 Conservación de los ecosistemas templados de montaña en México. INE-SEMARNAT. México. 316 pp.
- Deutsch, W. G., Reutebuch, E. G., and S. Ruíz-Cordoba. 2007. Validity and applications of citizen volunteer water-quality data: a case from Alabama. *Water Resource IMPACT*. 9:6-20.
- Dobler, C. E. 2010. Caracterización de clima y su relación con la distribución de la vegetación en el suroeste del D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias. UNAM. México, D.F. 55pp.
- Estrella M. y Gaventa J. 1998. 'Who counts reality? Participatory monitoring and evaluation: A literature review'. IDS Working Paper No 70. IDS. Brighton. 70 pp.
- Evans, K., y Guariguata, M. R. 2008. Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico. Una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas. Bogor, Indonesia: CIFOR. 56 pp.
- Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 2008. "Reporte de investigación para el Diagnóstico sectorial de la cuenca del río Magdalena: Componente 2. Medio Biofísico." En Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de la Cuenca del río Magdalena. SMA-GDF, UNAM. 15 pp.
- FAO. 2001. Global forest resource assessment 2000: main report. FAO Forestry Paper 140. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Roma.
- FAO. 2005. Global forest resources assessment 2005: progress towards sustainable forestmanagement. FAO Forestry Paper 147, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Roma.
- FAO. 2010a. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional México. FRA2010/132. Roma. 98 pp.
- FAO. 2010b. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. FRA2010/163. Roma. 381 pp.
- FAO. 2016. Forty years of community-based forestry. A review of its extent and effectiveness. FAO Forestry Paper 176. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Roma.
- Fernández-Giménez, M., Ballard, H. y V. Sturtevant. 2008. Adaptive management and social learning in collaborative and community-based monitoring: a study of five community-based forestry organizations in the western USA. *Ecology and Society*, 13(2): 4.
- Flores-Díaz, A. C., M. G. Ramos-Escobedo, S. S. Ruiz-Córdova, R. Manson, E., Aranda y W. G. Deutsch. 2013. Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch-México. México, DF: GWW. 5-22 pp.
- Galabuzi, C., Eilu G., Mulugo L., Kakudidi E., Tabuti J. R. S., y Sibelet N. 2014. Strategies for empowering the local people to participate in forest restoration. *Agroforestry Systems*, 88(4): 719-734.
- Galeana-Pizaña, J. M., Ordóñez-Díaz, J. A. B., y Corona-Romero, N. 2012. Estimación de contenido de carbono en la cuenca del río Magdalena, México. *Madera y Bosques*, 19(1), 53-69.
- Galindo, L. M. 2008. La Economía del Cambio Climático en México. shcp-SEMARNAT. México.
- Garza, G. 2000. Delegación La Magdalena Contreras. En: Garza, G. (coord.). La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. Ed. Gobierno del Distrito Federal y El Colegio de México, México, D.F. 768 pp.
- González-Moreno, B. 2008. Evaluación de reforestación en el parque nacional Malinche, Tlaxcala, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 81 pp.
- Guijt, I. y Gaventa, J. 1998. Participatory monitoring and evaluation: learning from Change. IDS Policy Briefing. Institute of Development Studies. UK Brighton. 6 pp.
- Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, y J. R. G. Townshend. 2013. "Hansen/UMD/Google/USGS/NASA Tree Cover Loss and Gain Area." University of Maryland, Google, USGS, and NASA. Accessed through Global Forest [En línea] Consultado en: <[www.globalforestwatch.org/country/MEX](http://www.globalforestwatch.org/country/MEX)>

- Hernández, M. E. 1985. Distribución y utilidad de los *Abies* en México. Boletín del Instituto de Geografía 15: 75-118.
- Herrero Campo, T., Estada Aceña, P., Ferreras Tomé, J., García Ocaña, V., Santos Cabeza, A., Velasco Román, R., García López, A. y Recio Gómez, S. (s.f.). Guías prácticas voluntariado ambiental. Reforestación participativa. Junta de Andalucía Consejería de Medio Ambiente. s.l. 82 pp.
- Hewlett, J.D. 1982. Forests and floods in the light of recent investigation. En: NRCC. Hydrological Processes of Forested Areas. Publicación Número 20548. National Research Council of Canada. Ottawa, Canadá. 543-559 pp.
- Hilderbrand, R.H., Watts, A.C. y Randle, A.M. 2005. The myths of restoration ecology. Ecology and Society 10(1):19.
- Holck, M. H. 2008. Participatory forest monitoring: an assessment of the accuracy of simple cost-effective methods. Biodiversity and Conservation 17(8): 2023-2036.
- Hornung, M. y B. Reynolds. 1995. The effects of natural and anthropogenic environmental changes on ecosystem processes at the catchment scale. Trends in Ecology and Evolution 10(11): 443-449.
- Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis. New Phytologist, 80(1): 269-272
- INEGI. 2010. México en cifras. Revisado en julio 2016, en <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 pp.
- Jaramillo-Correa, J. P., Aguirre-Planter, E., Khasa, D. P., Eguiarte, L. E., Piñero, D., Furnier, G. R., y Bousquet, J. 2008. Ancestry and divergence of subtropical montane forest isolates: Molecular biogeography of the genus *Abies* (Pinaceae) in southern México and Guatemala. Molecular Ecology, 17, 2476–2490.
- Jaramillo-López, P.F., Ramírez, M.I., Pérez-Salicrup, D.R. 2015. Impacts of Bokashi on survival and growth rates of *Pinus pseudostrobus* in community reforestation projects. Journal of Environmental Management, 150: 48-56.
- Jujnovsky, O. J. 2006. Servicios ecosistémicos relacionados con el recurso agua en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 74 pp.
- Kozłowski T.T. 1999. Soil compaction and growth of woody plants. Scandinavian Journal of Forest Research 14:596-619.
- Lawrence, A., Paudel, K., Barnes, R. y Y. Malla. 2006. Adaptive value of participatory biodiversity monitoring in community forestry. Environmental Conservation, 33: 325–334.
- Lawton, J.H., Bignell D.E., Bolton B., Bloemers G.F., Eggleton P., Hammond P.M., Hodda M., Holt, Larsen T.B., Mawdsley N.A., Stork N.E., Srivastava D.S. y Watt A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. Nature 391:72–76.
- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable (LDFS). 2003. Diario oficial de la federación. México
- Likens, G. E. y Bormann F. H. 1974. Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems. Bioscience 24(8): 447-456.
- López Vázquez, V. y Plata Rocha W. 2009. Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2000. Investigaciones geográficas 68:85-101.
- Lugo Olguín, S. D. 2009. Evaluación de experiencias de conservación comunitaria en dos comunidades del estado de Michoacán. Tesis de maestría. UNAM, México, D.F. 143 pp.
- Madrigal, S. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* H.B.K. Schl. et Cham) en el Valle de México. Bol. Técnico Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 18: 80 pp.
- Manson, R.H. 2004. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. Madera y Bosques 10(1): 3-20.

- Manzanillo, H. 1974. Investigaciones epidemétricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. México: Dirección General de Información y Relaciones Públicas SAG.
- Marino C.H. 2004. Fisiología Ecológica en plantas. Mecanismos y Respuestas a Estrés en los Ecosistemas. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Santiago de Chile
- Mas, J.F., A. Velázquez y S. Couturier. 2009. La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación Ambiental* 1(1):23-39.
- Masera, O. 1996. Deforestación y degradación forestal en México. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada. GIRA. 19: 16-18.
- Mazari M.M. 2000. Dualidad Población-Agua: Inicio del Tercer Milenio. El Colegio Nacional. México D.F.
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). 2003. Ecosystems & human well-being, Chap 2: Ecosystem & their services, Millenium Ecosystem Assessment. 245 pp.
- Miquelajauregui-Graf Y. 2004. Estudio comparativo de la sobrevivencia y el crecimiento temprano de dos especies de *Neobuxbaumia* (Cactaceae) que difieren en su nivel de rareza. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 78 pp
- Molnar, A., Scherr, S., y Khare, A. 2004. ¿Quién conserva los bosques del mundo? Cambios en la acción y en la inversión. Ed. Forest Trends and Ecoagriculture Partners, Washington, EUA. 72 pp.
- Mwavu, E.N., Witkowski, E.T.F. 2008. Land-use and cover changes (1988–2002) around Budongo forest reserve, NWUganda: implications for forest and woodland sustainability. *Land Degradation & Development* 19(6): 606–622.
- Nare, L., Odiyo J., Francis J. y N. Potgieter. 2011. Framework for effective community participation in water quality management in Luvuvhu Catchment of South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36: 1063–1070.
- Nava Lopez, M. Z. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 87 pp.
- Nava Lopez, M. Z. 2006. Carbono almacenado como servicio ecosistémico y criterios de restauración, en el bosque de *Abies religiosa* de la cuenca del río Magdalena, D.F. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 70 pp.
- Nieto de Pascual, P. 1995. Estudio sinicológico del bosque de oyamel de la Cañada de Contreras, Distrito Federal. *Revista Ciencia Forestal* 20(77): 3-34.
- Nieto de Pascual, P. 2004. Regeneración del oyamel (*Abies religiosa* (HBK) Schltdl. et Cham.) bajo condiciones naturales y controladas. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 142 pp.
- OESP. 1997. Monitoreo y evaluación orientados a la obtención de resultados. Manual para los administradores de programas. OESP Handbook Series. New York. 70 pp.
- Padmanaba, M. y Sheil, D. 2007. Finding and promoting a local conservation consensus in a globally important tropical forest landscape. *Biodiversity and Conservation* 16: 137–15.
- Pandit, M.K., Sodhi, N.S., Koh, L.P., Bhaskar, A. y Brook, B.W. 2007. Unreported yet massive deforestation driving loss of endemic biodiversity in Indian Himalaya. *Biodiversity and Conservation* 16:153–163.
- Pedraza-Pérez, R., A., Hoyos-Ramírez, A., y Álvarez-Oceguera, R. 2009. Cambio de uso de suelo en la vertiente oriental del Parque Nacional Cofre de Perote y sus áreas circunvecinas. En: VII Congreso Nacional Sobre Áreas Naturales Protegidas de México. Memorias. San Luis Potosí, México: CONANP, Gobierno del Estado de San Luis Potosí, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Phillips, D. H. y Burdekin, D. A. 1989. Diseases of forest and ornamental trees. McMillan Press. Londres. 183 pp.
- Prieto-Ruiz, J.A., Vera-Castillo, G., Merlín-Bermúdez, E. 2003. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto técnico núm. 12. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. México. 24 pp.

- PUMA (Programa Universitario del Medio Ambiente) 2011. Medición de indicadores base para el rescate de los ríos Magdalena y Eslava. Informe final presentado por el Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM, a la Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. S.M.A. UNAM. México. 83 pp.
- Ramos, A. 2008. Propuesta de reclasificación y zonificación participativa de la Zona Protectora Forestal Cañada de Contreras, Distrito Federal, México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 105 pp.
- Ramos, A., Zamora Saenz, I. y Almeida, L. (en prensa). Características histórico-culturales, tenencia de la tierra y políticas públicas en la cuenca del río Magdalena. En: Almeida, L., Carmona Jiménez, J. y Cantoral Uriza, E. (Coords.) Historia natural y cultural de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México, México.
- Ramos, A. (en prensa). Propuesta de monitoreo participativo en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Raven, P. H., Evert, R.F., Eichhorn, S. E. 1992. Biología de las plantas. Volumen 2. Editorial Reverté, S. A. Barcelona. España. 402 pp.
- Rebollar Alviter, A., Mora Aguilera, G. y Leyva Mir, S. G. 2003. Progreso temporal y control de la Roya [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] de la Frambuesa Roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 2(3): 278-284.
- Rosete-Vergés, F., Pérez-Damián, J., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E., Salinas-Chávez, E. y Remond-Noa, R. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. Madera y Bosques 20(1): 21-35.
- Saavedra-Romero, L. L., Alvarado-Rosales, D., Vargas-Hernández, J., y Hernández-Tejeda, T. 2003. Análisis de la precipitación pluvial en bosques de *Abies religiosa* (HBK.) Schltdl. et Cham., en el sur de la Ciudad de México. Agrociencia, 37: 57-64.
- Sahin, V. y M.J. Hall. 1996. The effects of afforestation and deforestation on water yields. Journal of Hydrology, 178(1-4): 293-309.
- Sajjadur Rasheed, K. B. 1995. Participatory forestry as a strategy for reforestation in Bangladesh. GeoJournal 37(1), 39-44.
- Salas González, J. M. y Sandoval González, V. J. 2012. Evaluación de consistencia y resultados. S122-Programa de conservación y restauración de ecosistemas forestales. Informe final. CONAFOR. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Salazar G., J. C. 2016. Monitoreo participativo de la reforestación en la cuenca del río Magdalena, México, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 73 pp.
- Sánchez-González, A., López-Mata, L., y Granados-Sánchez, D. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. Investigaciones Geográficas, 56: 62-76.
- Sánchez-Velásquez, L., Domínguez-Hernández, D., Pineda-López, M. y R. Lara-González. 2011. Does *Baccharis conferta* Shrub act as a nurse plant to the *Abies religiosa* Seedling? The Open Forest Science Journal, 4: 67-70.
- Santibañez-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. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 145 pp.
- Sarukhán, J. (Coord). 2008. Capital natural de México. Volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. 621 pp.
- SEMARNAT. 2003. Introducción a los servicios ambientales. [En línea] Consultado en: <<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/583.pdf>>
- SEMARNAT. 2009. Restauración de Ecosistemas Forestales. Guía básica para comunicadores. México. 69 pp.
- SEMARNAT. 2010. Prácticas de reforestación. Manual Básico. 59 pp.
- Sheil, D. 2001. Conservation and biodiversity monitoring in the tropics: realities, priorities and distractions. Conservation Biology, 15:1179-1182.

- Sheil, D., y Lawrence, A. 2004. Tropical biologists, local people and conservation: new opportunities for collaboration. *Trends in Ecology and Evolution*, (19): 634-638.
- Sündborg, Å y Rapp, A. 1986. Erosion and sedimentation by water: problems and prospects. *Ambio* 15(4): 215-225.
- Trejo, M., Barrios, E., Turcios, W., y Barreto, H. 1999. Método participativo para identificar y clasificar indicadores locales de calidad de suelo a nivel de microcuenca. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 235 pp.
- Torres, J. y O. Magaña. 2001. Evaluación de plantaciones forestales. Edit. Limusa. México.
- Turyahabwe, N. y Banana, A.Y. 2008. An overview of history and development of forest policy and legislation in Uganda. *Int For Rev* 10(4): 641–656.
- Ugalde-Arias, L. A. 2003. Guía para el establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación del crecimiento de árboles en investigación y en programas de reforestación con la metodología del sistema MIRA-SILV. Costa Rica: CATIE. 18 pp.
- Vallauri, D., Aronson, J., Dudley, N., y Vallejo, R. 2004. Monitoring and Evaluating Forest Restoration Success. *Forest Restoration in Landscapes*, 21:150-158.
- Villar, R., Ruiz-Robledo, J., Quero, J., Poorter, H., Valladares, F. y T. Marañón. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. Capítulo 7. 191-227 pp. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Valladares, F. 2004. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF. S.A. España.
- Villers-Ruiz, L., y Trejo-Vázquez. I. 1998. El impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia*, 23(1): 10–19.
- Viveros-Viveros, H. y Vargas-Hernández J.J. 2007. Dormancia en yemas de especies forestales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13: 131-135.
- Wightman, K. E. y Cruz, B. S. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana*, 5(1): 45-51
- WRI (World Resources Institute) 1994. *World Resources 1994–1995: a guide to the global environment*. Oxford University Press, New York. 420 pp.
- Zetina-Galván, 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. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 71 pp.

## XI. Anexos

### Anexo I. Formato para la toma de mediciones

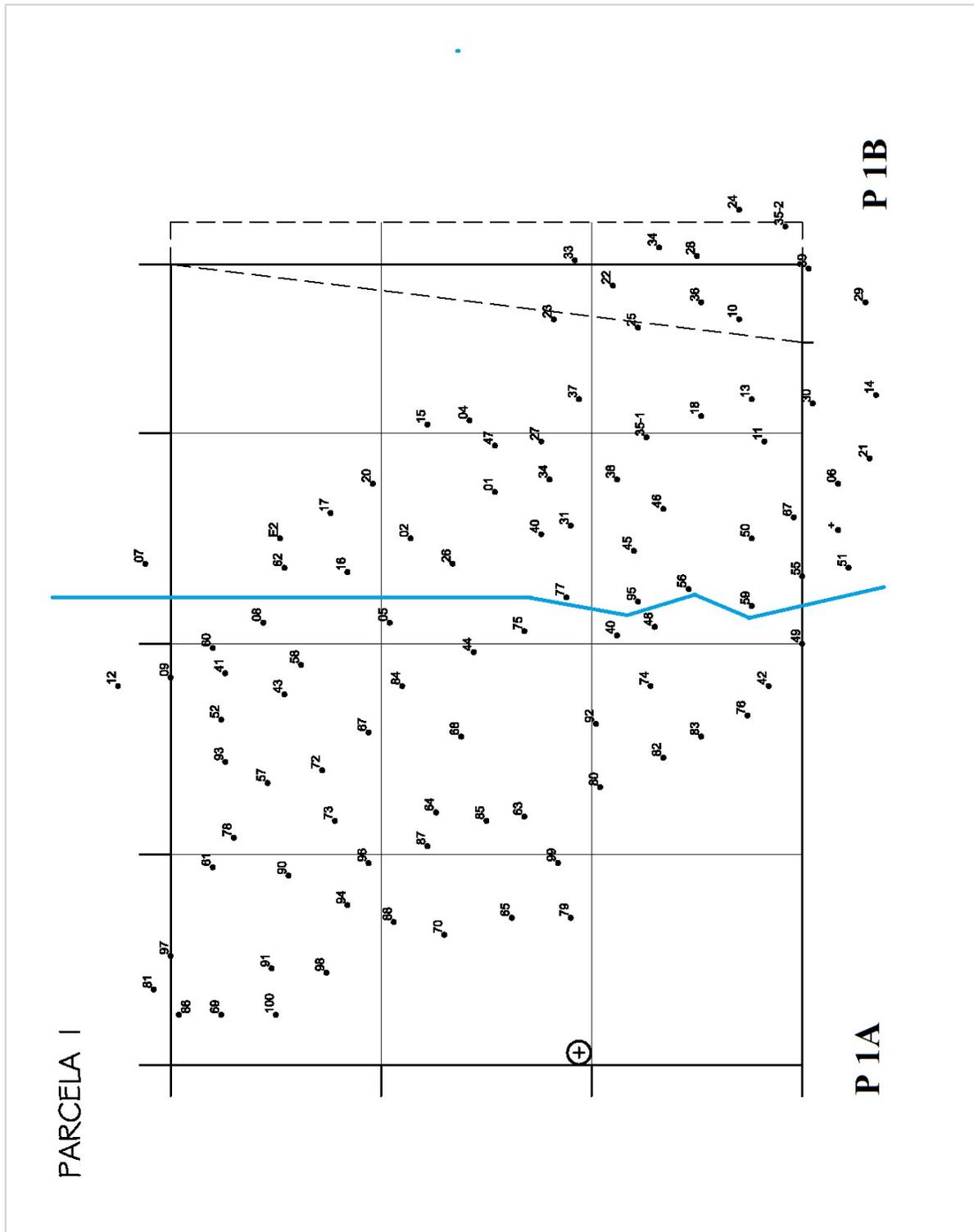
Parcela: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora de inicio: \_\_\_\_\_ Hora de termino: \_\_\_\_\_  
 Monitores participantes: \_\_\_\_\_  
 Presencia de:  
 Basura  Visitantes  Evidencia de ganado  Otros: \_\_\_\_\_

No. Árbol	Sobrevivencia Vivo=1 Muerto=0	Diámetro basal	Altura hasta la yema apical	Color de hojas Verde=2 Amarillo=1 Café=0	Cantidad de follaje Abundante=2 Medio=1 Nulo=0	Color del tallo Verde=1 No verde=0	Plaga visible 0 1= 1-25% 2= 26-50% 3=51-75% 4=76-100%	Notas Tutor=T

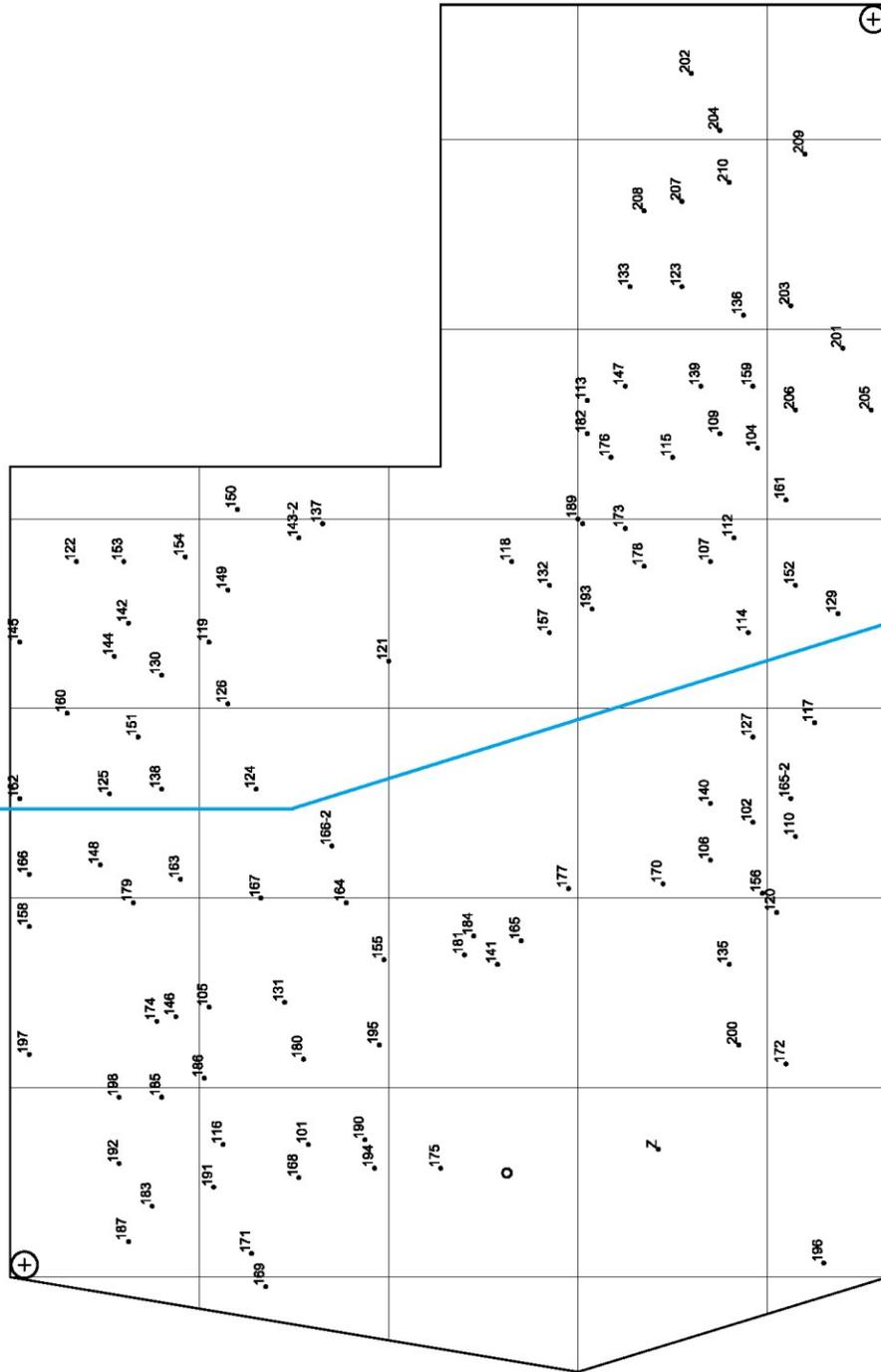
¿Quién midió altura?: \_\_\_\_\_  
 ¿Quién midió diámetro?: \_\_\_\_\_  
 ¿Quién anotó?: \_\_\_\_\_

Comentarios/anotaciones:

## Anexo II. Subdivisión de las parcelas 1 y 2



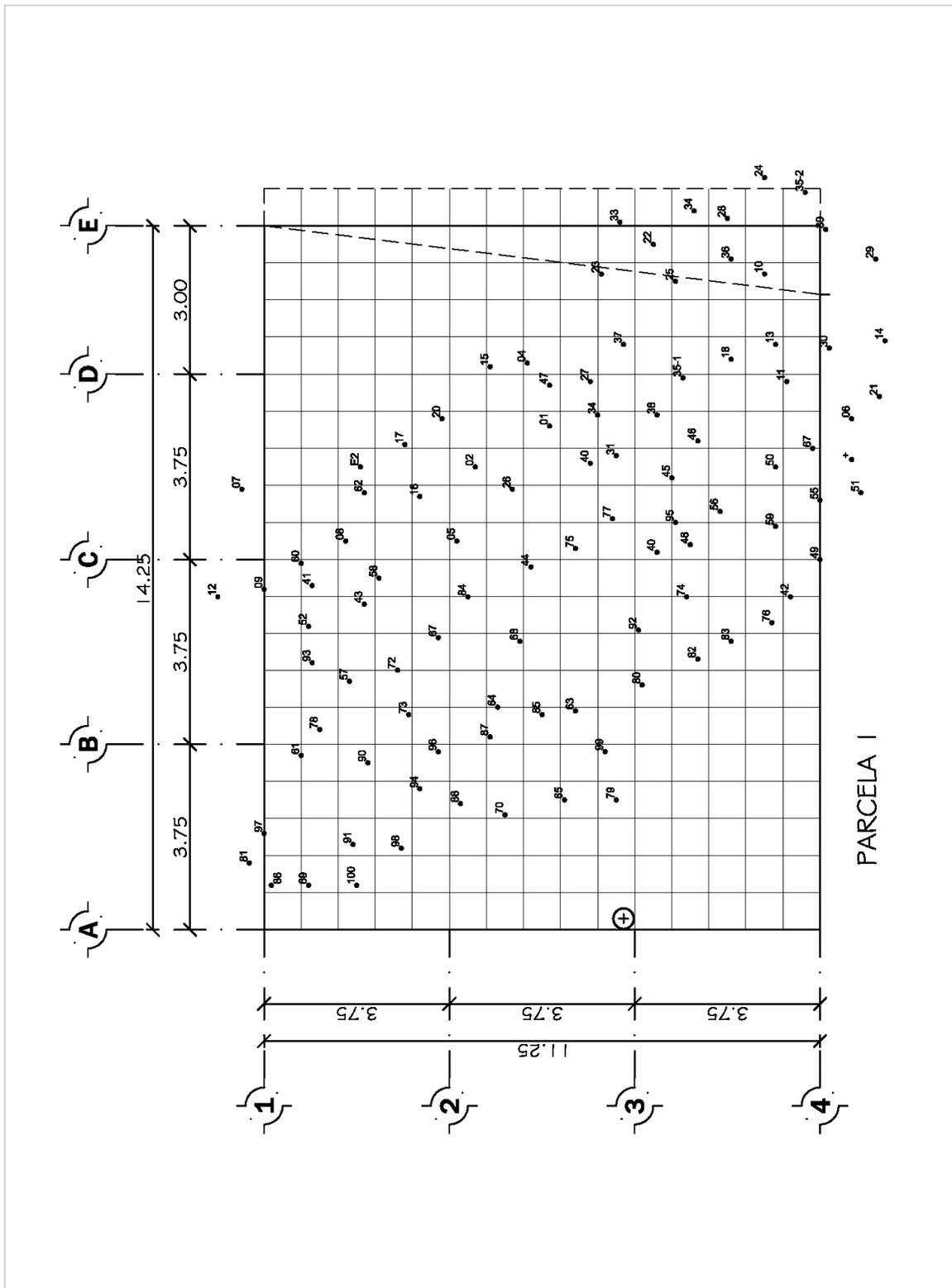
PARCELA 2



P 2A

P 2B

### Anexo III. Croquis de las parcelas.





#### **Anexo IV. *Pucciniastrum* spp.**

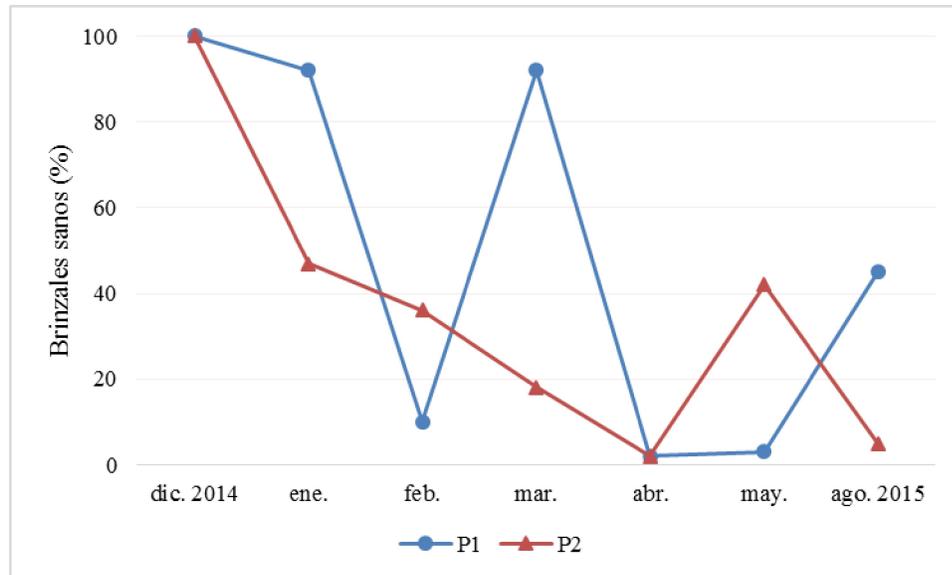
El género *Pucciniastrum* spp. pertenece al grupo de las royas, hongos que se caracterizan por instalarse en las hojas de diferentes especies vegetales absorbiendo sus nutrientes, causando desde una leve a una severa defoliación, hasta la muerte por la misma pérdida de hojas y su consecuente y crónica reducción de actividades biológicas (Phillips y Burdekin, 1989). Los estadios de espermogonios y ecidias de *Pucciniastrum* spp. se cumplen en *A. religiosa* y los siguientes estadios se desarrollan en otros hospederos (Phillips y Burdekin, 1989), para este caso particular, su ciclo de vida continua en la zarzamora de la zona (*Rubus liebmanni*).

Con el fin de disminuir la presencia de *Pucciniastrum* spp., se discutió con los monitores sobre las posibles opciones para hacer frente al problema, sin embargo, debido a la falta de recursos y el poco conocimiento del empleo de químicos (fungicidas y/o herbicidas), se acordó trabajar con tratamientos caseros, estos fueron aplicados al follaje de los brinzales con ayuda de una mochila dispersora (Fig. 1). Dos semanas después del monitoreo de febrero se decidió aplicar únicamente a los brinzales de la parcela 1 para observar la respuesta al tratamiento, el fungicida casero fue elaborado con una barra de jabón “Tepeyac” de 400 g disuelta en 20 L de agua.



**Figura 1. Aplicación de tratamientos con mochila dispersora a los brinzales monitoreados en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx.**

Sin embargo, para el monitoreo de abril se observó que el número de brinzales y el grado de contaminación aumentó considerablemente (Fig. 2), por lo que se decidió aplicar un segundo tratamiento a ambas parcelas, dos semanas después del monitoreo, el fungicida casero fue elaborado con una mezcla de chiles y ajo, en una concentración de 400 g disueltos en 20 L de agua. Así mismo, se acordó cortar la zarzamora que se encontrara dentro de las parcelas para truncar el ciclo de vida del hongo.



**Figura 2. Presencia de *Pucciniastrum* spp. en las parcelas 1 y 2 en la cuenca del río Magdalena Cd. Mx. Se muestra el porcentaje de brinzales infectados en el tiempo.**

Para determinar el grado de contaminación de los brinzales se estableció una clasificación de 5 grupos: 1) sin observación de esporas del hongo, 2) de 0 a 25% de las hojas totales del brinjal con presencia de esporas, 3) de 26 a 50% del brinjal contaminado, 4) del 51 al 75% y 5) del 76 al 100% de esporas en las hojas del brinjal.

El grado de contaminación se presentó variable para los meses de marzo, abril y mayo (del 0 al 100%), sin embargo para agosto se registra únicamente de 0 al 25% (Fig. 3). Más que la presencia o ausencia del hongo, estos datos muestran que los tratamientos aplicados disminuyeron la infección.

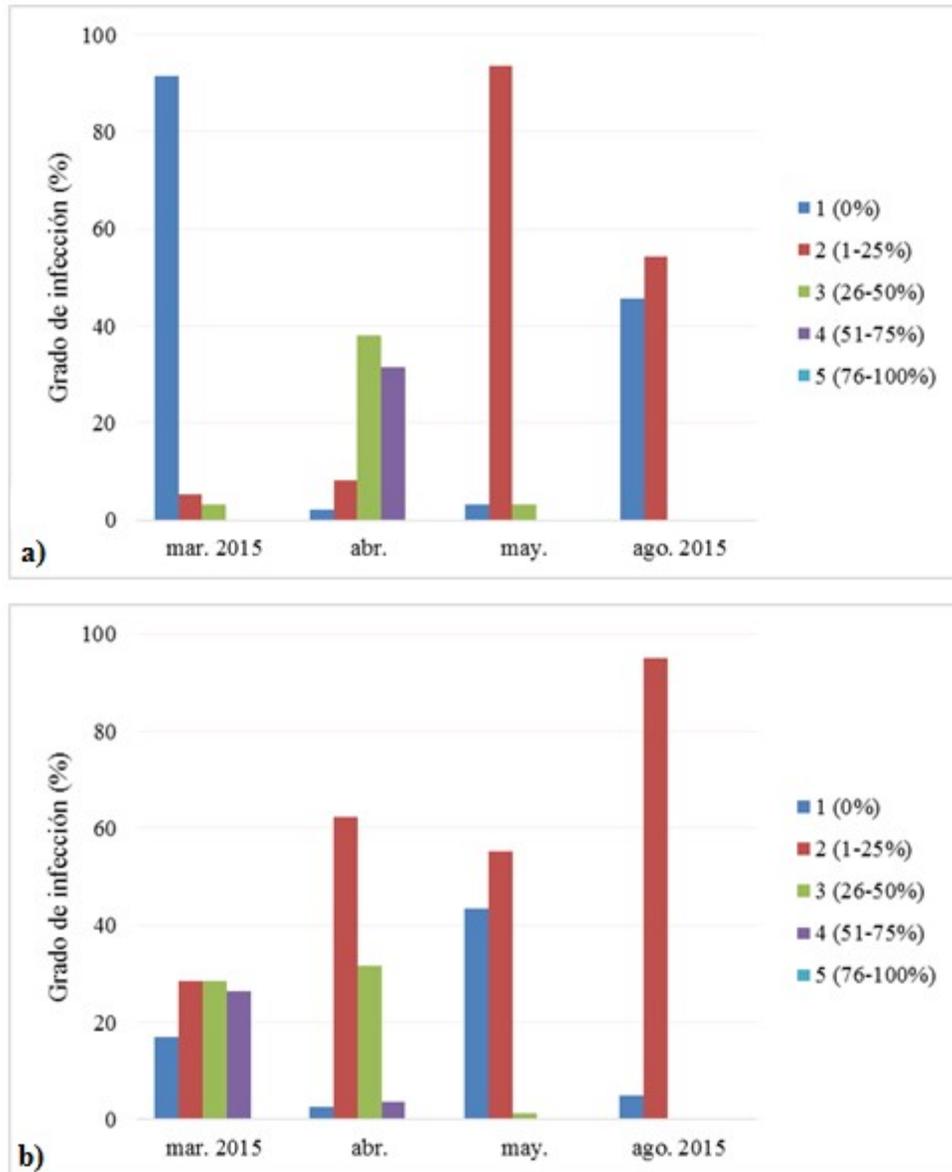


Figura 3. Grado de contaminación de *Pucciniastrum* spp. en el tiempo para: a) parcela 1 y b) parcela 2, en la cuenca del río Magdalena, Cd. Mx. Se muestra el porcentaje de brinzales contaminados según el grupo.

No se encontró registro previo de este género en la cuenca, por lo que será importante confirmar la especie, sin embargo, *P. americanum* tiene mayor posibilidad de ser la indicada, ya que a diferencia de *P. geoppertianum*, cuenta con registro en México (Rebollar *et al.*, 2003).

## Anexo V. Análisis de covarianza para toma de mediciones por evaluador

### ANCOVA altura total

Fuente	Tipo III Suma de cuadrados	Df	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	101674.622 <sup>a</sup>	5	20334.924	86.780	.000
Intercepto	8537960.726	1	8537960.726	36436.206	.000
Muestra	101121.025	2	50560.513	215.770	.000
Evaluador	20.040	1	20.040	.086	.770
muestra * evaluador	475.394	2	237.697	1.014	.363
Error	255884.301	1092	234.326		
Total	8869871.920	1098			
Total corregido	357558.923	1097			

### ANCOVA diámetro a la altura de la base

Fuente	Tipo III Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	3092.970 <sup>a</sup>	5	618.594	149.079	.000
Intercepto	126842.758	1	126842.758	30568.585	.000
muestra	2948.050	2	1474.025	355.234	.000
evaluador	12.934	1	12.934	3.117	.078
muestra * evaluador	123.785	2	61.892	14.916	.000
Error	4518.749	1089	4.149		
Total	133810.608	1095			
Total corregido	7611.719	1094			

**Anexo VI. Análisis de varianza de medidas repetidas de las actividades asociadas al manejo forestal**

**ANOVA diámetro a la altura de la base**

Fuente	Tipo III Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	2.751E-5 <sup>a</sup>	8	3.439E-6	23.491	.000
Intercepto	7.001E-5	1	7.001E-5	478.239	.000
Covar_diam	1.536E-7	1	1.536E-7	1.049	.306
Tiempo	1.947E-5	1	1.947E-5	132.995	.000
Manejo forestal	.000	1	.000	.000	1.000
Parcela	6.395E-8	1	6.395E-8	.437	.509
Tiempo * Manejo forestal	2.109E-7	1	2.109E-7	1.441	.231
Tiempo * Parcela	1.692E-7	1	1.692E-7	1.156	.283
Manejo forestal * Parcela	1.929E-6	1	1.929E-6	13.173	.000
Tiempo * Manejo forestal * Parcela	3.879E-7	1	3.879E-7	2.649	.104
Error	5.080E-5	347	1.464E-7		
Total	.000	356			
Total corregido	7.831E-5	355			

## ANOVA altura total

Fuente	Tipo III Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
Modelo corregido	4.412E-6 <sup>a</sup>	8	5.515E-7	3.488	.001
Intercepto	7.681E-5	1	7.681E-5	485.791	.000
Covar_altura	2.061E-7	1	2.061E-7	1.303	.254
Tiempo	2.614E-7	1	2.614E-7	1.653	.199
Manejo forestal	4.051E-8	1	4.051E-8	.256	.613
Parcela	1.359E-6	1	1.359E-6	8.595	.004
Tiempo * Manejo forestal	8.567E-9	1	8.567E-9	.054	.816
Tiempo * Parcela	5.489E-9	1	5.489E-9	.035	.852
Manejo forestal * Parcela	2.916E-6	1	2.916E-6	18.440	.000
Tiempo * Manejo forestal * Parcela	1.951E-8	1	1.951E-8	.123	.726
Error	5.487E-5	347	1.581E-7		
Total	.000	356			
Total corregido	5.928E-5	355			