



# **Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**

**División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en  
Tecnología de la Madera**

**Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. FITECMA  
Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera**

**“Forestación con fines de restauración en el Área Natural  
Protegida Cerro del Punhuato, Morelia, Michoacán”.**

**Tesis de Maestría**

**Para obtener el título de:  
Maestro en Ciencias**

**Presenta:  
Marcial Reyes Cázarez.**

**Asesor:  
Dr. José Cruz de León.**



**Morelia, Mich. Mayo 2010**

## DEDICATORIA

Este proyecto realizado, es una de las metas más importantes en mi vida profesional, la cual hoy veo cumplida con esfuerzo, dedicación y el apoyo de las personas más importantes en mi vida, por lo cual quiero dedicar este trabajo a:

**Mi madre:** María del Sagrado Corazón Cázares Cendejas, por ser un ejemplo en mi vida apoyándome en cada momento y por demostrarme que cuando las cosas se realizan con empeño, los resultados son grandes y valiosos a pesar de las adversidades, el ejemplo de ser una gran profesora, hace sentirme lleno de orgullo y comprometido con mi profesión.

**Mi padre:** Marcial Reyes Domínguez +, a pesar de que no te encuentras conmigo sé que me guías y apoyas en cada momento y en cada una de las decisiones difíciles que tengo que tomar.

**Mi hermano:** Daniel Reyes Cázarez. Por tu apoyo en cada uno de los retos que tengo que afrontar en mi vida, por ser mí amigo, compañero y sobre todo por ser el gran consejero que toma decisiones conmigo, pero sobre todo que tienes una mirada delante sobre todos los demás para poder sobresalir.

**Mi hermano:** Audiel Reyes Cázares. Por ser un gran maestro en mi vida y compartir grandes momentos de alegría y tristeza, en los que me has demostrado que el ser noble, valiente e inteligente son dones con los que puedes vencer cualquier obstáculo.

**Mi Novia:** María Inés Elioza Orrantía. Por su gran cariño, comprensión y apoyo incondicional en cada una de mis decisiones y permanecer a mi lado en todo momento.

**Mis familiares:** Por todo el apoyo que me brindaron durante el desarrollo del proyecto.

**Mis amigos:** Por toda la ayuda y apoyo incondicional para realizar este proyecto.

# **AGRADECIMIENTOS**

## **INSTITUCIONES.**

A la universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por permitirme desarrollar este trabajo tan importante en mi preparación personal y académica, así como el apoyo durante mis estudios, siendo un estímulo en mi formación como investigador.

A la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente por las facilidades otorgadas en el desarrollo del proyecto de investigación en el Área Natural Protegida Cerro del Punhuato.

A la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera por darme la oportunidad de Ingresar al Programa de Maestría en Ciencias y Tecnología de La madera, así como todas las facilidades y apoyos otorgados hacia mi persona.

Al CONACYT por el apoyo económico otorgado para la planeación, desarrollo y culminación de este trabajo de tesis.

## **PERSONALES.**

Al Dr. José Cruz de León, primeramente por su amistad, así como el ímpetu, apoyo e interés para la elaboración de este trabajo, durante las asesorías, en la dirección de tesis del proyecto y estimular en mi el aprecio por la investigación.

Al MC. Arturo Carrillo Sánchez. Por su amistad y por enseñarme una de las tantas formas de hacer investigación generando buenos resultados, mediante consejos y experiencias personales que no se encuentran en ningún libro o revista, mostrándome otro panorama del sector forestal en Michoacán.

A los demás miembros de la mesa sinodal por sus invaluable observaciones y correcciones al presente trabajo.

D. C. Cuauhtémoc Sáenz Romero.

M. C. Xavier Madrigal Sánchez.

M. C. Roberto Calderón Muñoz.

M. C. Alejandra Sánchez Trejo.

A los profesores de la División de Estudios de Posgrado, que participaron en el programa durante mi estancia.

Al personal administrativo de la facultad que me apoyo en los trámites para el desarrollo del proyecto.

A mis compañeros de la maestría por su amistad y apoyo durante el programa.

# Forestación con fines de restauración en el Área Natural Protegida Cerro del Punhuato, Morelia, Michoacan.

Marcial Reyes Cázarez

---

---

## Resumen

Se estableció en el Área Natural Protegida Cerro del Punhuato, en el municipio de Morelia, Michoacán, México, un ensayo en el que se estudió el establecimiento durante seis meses de una plantación de *Pinus michoacana* Martínez, en cuatro tratamientos. En el tratamiento 1, se tiene una pendiente (fuerte) y alto grado de perturbación. En el tratamiento 2, existe una pendiente (suave) y alto grado de perturbación. En el tratamiento 3, la pendiente es (fuerte) y bajo grado de perturbación y el tratamiento 4, la pendiente (suave) y bajo grado de perturbación. La plantación se realizó en una superficie de una hectárea dividida entre los cuatro tratamientos en  $\frac{1}{4}$  de hectárea por tratamiento. Posteriormente se realizó un análisis por especie entre *Pinus pseudostrobus* Lind. *pseudostrobus* y *Pinus michoacana* Martínez en toda la plantación. Se analizó la supervivencia, sanidad y temperatura de suelo, como factores principales para el establecimiento de la plantación. Se encontraron diferencias significativas entre las variables estudiadas. En la plantación establecida se encontraron ataques de plaga por insectos defoliadores (*Schistoscerca Spp.*) y chupadores de savia (*Cinara curvipes*), aplicándose un cerco sanitario mediante un insecticida emulsionante ligeramente tóxico. El análisis de la supervivencia, sanidad y temperatura de suelo indican que: a) que la supervivencia total de la plantación es del 83%, la cual presenta diferencias significativas por tratamiento ( $P = 0.0047$ ) y por perturbación ( $P = 0.0003$ ). b) del 83% de supervivencia, el 69% se encuentra con algún tipo de ataque de plaga y el 31% se encuentra sano. La sanidad presenta diferencias significativas por tratamiento ( $P = 0.0015$ ), perturbación ( $P = 0.0031$ ), así como la interacción entre la pendiente y perturbación ( $P = 0.0101$ ). c) la temperatura de

suelo óptima para la supervivencia de los árboles es entre los 12 y 13°C, en lugares con poca perturbación y con pendientes suaves que va entre 47° y 42°. En donde también se encontraron diferencias significativas, en cuanto a tratamiento ( $P = 0.0001$ ), pendiente ( $P = 0.0001$ ) y perturbación ( $P = 0.0001$ ). En el análisis por especie se encontraron diferencias significativas en el establecimiento de las mismas, encontrando que para la supervivencia ( $P = 0.0037$ ), el *Pinus michoacana* Martínez es la especie que mayores condiciones en el establecimiento de la plantación presentó, en cuanto a la sanidad se encontraron diferencias significativas ( $P = 0.0486$ ), en donde el *Pinus michoacana* Martínez muestra menor cantidad de individuos atacados por plaga. La temperatura de suelo presentó diferencias significativas ( $P = 0.4781$ ), en donde ambas especies muestran un comportamiento similar.

Palabras clave: Forestación; Restauración; *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, supervivencia.

	PAG
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS.	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.	v
ÍNDICE DE ANEXOS.	vii
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS.	5
2.1 OBJETIVO GENERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
3. ANTECEDENTES.	6
3.1 DETERIORO DEL ECOSISTEMA	6
3.2 EROSIÓN	7
3.3 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	8
3.4 ESTUDIOS DE RESTAURACIÓN	9
3.5 DECRETOS DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	10
3.6 DESCRIPCIÓN BOTANICA DE LAS ESPECIES UTILIZADAS	12
3.6.1 <i>Pinus michoacana</i> Mart.	12
3.6.2 <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.	14
4. JUSTIFICACIÓN.	17
5. HIPOTESIS.	18
6. LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA.	19
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA	19
6.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	22
7. MATERIALES Y MÉTODOS.	25
8. RESULTADOS.	45
8.1 RESULTADOS POR ESPECIE.	60

	PAG.
9. DISCUSIÓN.	66
10. CONCLUSIONES.	68
11. RECOMENDACIONES.	70
12. LITERATURA CITADA.	72
13. ANEXOS.	82

ÍNDICE DE CUADROS	PAG.
Cuadro 1. Características de la pendiente, condiciones de suelo, grado de perturbación y nomenclatura de tratamiento	30
Cuadro 2. Resumen de datos de los principales factores climáticos históricos en el sitio.	31
Cuadro 3. Individuos establecidos en las parcelas, por especie y proporción.	39
Cuadro 4. Porcentajes de individuos vivos y muertos, por especie en las tres mediciones de la plantación	45
Cuadro 5. Calendarización de aplicaciones del tratamiento sanitario de la plantación.	50
Cuadro 6. Balance de sanidad de la plantación, por tratamiento, especie e insecto.	50
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable supervivencia de <i>Pinus michoacana</i> en los tratamientos.	52
Cuadro 8. Prueba de hipótesis para la variable supervivencia de <i>Pinus michoacana</i> en los tratamientos.	53
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable sanidad de <i>Pinus michoacana</i> en los tratamientos.	54
Cuadro 10. Prueba de hipótesis para la variable sanidad de <i>Pinus michoacana</i> en los tratamientos.	55
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable temperatura de suelo de <i>Pinus michoacana</i> en los tratamientos.	55
Cuadro 12. Prueba de hipótesis para la variable temperatura de suelo de <i>Pinus michoacana</i> en los tratamientos.	56
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable supervivencia para la evaluación del establecimiento de <i>Pinus michoacana</i> y <i>Pinus pseudostrobus</i> en la plantación.	60
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable sanidad para la evaluación del establecimiento de <i>Pinus michoacana</i> y <i>Pinus pseudostrobus</i> en la plantación.	60

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable temperatura de suelo para la evaluación del establecimiento de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* en la plantación.

61

ÍNDICE DE FIGURAS	PAG.
Fig. 1. Topografía del Cerro Punhuato.	19
Fig. 2. Fotografía Satelital de la zona oriente en la ciudad de Morelia.	20
Fig. 3. Ubicación Cerro Punhuato.	21
Fig. 4. Señalización del Área Natural Protegida ubicada en el acceso principal.	22
Fig. 5. Fotografía panorámica desde la parte baja del cerro.	23
Fig. 6. Sitio experimental para llevar a cabo la forestación.	27
Fig. 7. Fotografía satelital del sitio experimental y su delimitación.	28
Fig. 8. Esquema de la delimitación de las parcelas o tratamientos experimentales, así como la pendiente representativa.	29
Fig. 9. Esquema de distribución de establecimiento de la plantación por tratamiento	30
Fig. 10. Ejemplar de <i>Pinus michoacana</i> Mart., sano.	33
Fig. 11. Ejemplar de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lind., sano.	34
Fig. 12. Mantenimiento y aclimatación de la planta en el vivero.	35
Fig. 13. Fotografía satelital en donde se representa las superficies de cada uno de los sitios.	35
Fig. 14. Acomodo especial de la planta para su traslado.	36
Fig. 15. Elaboración de la cepa.	37
Fig. 16. Esquema de la cepa.	37
Fig. 17. Distribución del establecimiento de los árboles.	37
Fig. 18. <i>Pinus michoacana</i> establecido.	38
Fig. 19. Plantando árbol de <i>Pinus michoacana</i> .	38

	PAG.
Fig. 21. Portada del Manual Técnico de Forestación.	43
Fig. 22. Gráfica cronológica de supervivencia de la plantación.	45
Fig. 23. Ejemplar de <i>Schistoscerca Spp.</i> encontrado en el sitio.	47
Fig. 24. Árbol de <i>Pinus michoacana Mart.</i> Defoliado por <i>Schistoscerca.</i>	47
Fig. 25. Ejemplares de <i>Cinara curvipes Patch.</i>	48
Fig. 26. Pino <i>pseudostrobus</i> muerto por ataque de <i>Cinara curvipes Patch.</i>	48
Fig. 27. Envase del producto Diazinon Dragon 25E emulsionable.	49
Fig. 28. Árboles plagados por tratamiento, especie e insecto.	51
Fig. 29. Resultado global del establecimiento de la plantación por especie.	51
Fig. 30. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto de la pendiente, en las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo para el establecimiento de <i>P. michoacana.</i>	57
Fig. 31. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto de la perturbación, en las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo para el establecimiento de <i>P. michoacana.</i>	58
Fig. 32. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto del tratamiento, en las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo para el establecimiento de <i>P. michoacana.</i>	59
Fig. 33. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la evaluación de las especies, con las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo.	62
Fig. 34. Pantalla de salida del software del procesamiento de la base de datos.	63
Fig. 35. Pantalla de salida de los “Detalles de Plantación” del software utilizado.	59

ÍNDICE DE ANEXOS	PAG.
ANEXO 1. Catastro de la poligonal del Área Natural Protegida "Cerro Punhuato".	82
ANEXO 2. Ficha técnica del Insecticida Diazinon dragon 25E.	86
ANEXO 3. Fotografías del trabajo en campo.	87

# 1. Introducción

En las últimas décadas se habla con frecuencia de los efectos del cambio climático, sobre la biosfera, causando un gran revuelo e intensificando los estudios de este fenómeno en todo el mundo, diversos centros de investigación se han abocado a estudiar tanto los aspectos físicos como sociales, encontrando que en la esfera de los aspectos físicos y medioambientales, dos son las causas, el incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (el considerado cambio climático global antropogénico) y las alteraciones a los ecosistemas por la mano del hombre, en donde la principal afectación es a los bosques, en diversos cambios de uso de suelo, por lo que los recursos naturales han disminuido considerablemente. (Manzini and Martinez, 1999)

A nivel mundial se tiene como principal objetivo la conservación y preservación de los recursos naturales, así como de reemplazar los árboles cortados y mantenerlos saludables, ya que los diferentes tipos de vegetación existentes en el mundo son de vital importancia en el desarrollo del ser humano, por lo que día con día se proponen nuevos proyectos y estrategias para la restauración, mediante trabajos de forestaciones, reforestaciones y de suelos de algunas zonas que han sido decretadas o tienen como fin específico, el establecimiento, regeneración o producción de vegetación nativa y/o representativa de las zonas en donde se encuentran, tal es el caso del Cerro del Punhuato. (CFM 2009)

El término de restauración ecológica se refiere a un programa coordinado de actuaciones a corto, mediano y largo plazo donde se intenta restablecer la organización y funcionamiento de un ecosistema degradado o dañado. (Jiménez *et al.* 2002)

La restauración puede ser orientada a realizarse en dos sentidos 1) el estricto, este busca la alteración intencional de un sitio para establecer un ecosistema indígena histórico y 2) el laxo, que busca solo detener la degradación y redirigir el ecosistema con disturbio en una trayectoria semejante a la que presumiblemente prevalecía en él antes del disturbio. (Jiménez *et al.* 2002)

En México existen 141.7 millones de hectáreas de cubierta forestal SEMARNAT (2000), de las cuales 56.8 millones de hectáreas (39%) se constituyen de bosques y selvas y 20 millones de hectáreas (14%) de potencial productivo maderable sustentable.

Con las cifras antes mencionadas se han realizado trabajos relacionados con el cuidado y preservación de los recursos naturales, siendo los programas de gobierno dirigidos al sector forestal los más anunciados y debido a esto se encuentran decretadas zonas de reserva tanto federal como estatal y municipal, dando prioridad aquellas que destacan por su riqueza en cuanto a diversidad de flora y fauna así como por su belleza escénica, cabe mencionar que existen otras zonas decretadas estratégicamente para la recreación de la población y como áreas verdes planificadas en el desarrollo urbano de las ciudades. (SEMARNAT, 2000)

A la fecha los cálculos de restauración mediante forestaciones y reforestaciones, así como la pérdida de cobertura forestal realizados en México han sido de carácter subjetivo y carecen de un fundamento estadístico.

En el estado de Michoacán dada su vocación forestal se realizaron intensas campañas de reforestación que tenían como objetivo la conservación y restauración de la flora en el año de 2009, teniendo poco éxito ya que en la temporada de lluvias se tuvo poca precipitación pluvial en el estado, aunado a la falta de planeación y coordinación entre las dependencias. Hasta la fecha no existe ninguna evaluación, diagnóstico o resultados del establecimiento y sobrevivencia de los árboles plantados en la pasada temporada de reforestación.

En estas condiciones es necesario implementar de manera urgente, acciones eficaces y eficientes para aumentar la cobertura forestal y de esta manera procurar la protección del suelo, la cosecha de agua pluvial y la diversidad de climas, para mantener e incrementar la fertilidad y productividad edáfica como sistema rector de la conservación y restauración de los ecosistemas.

En el mes de enero de 2005 se da a conocer en el Diario Oficial del estado de Michoacán el decreto estatal de Área Natural Protegida al “Cerro Punhuato” con la finalidad de garantizar los servicios de generación de oxígeno, captador de bióxido de carbono y agua, regulador del clima, zona de refugio de flora y fauna silvestre, área de esparcimiento y recreación familiar; así como de aprovechar las características del sitio como prioritario para la conservación y mantenimiento de las condiciones óptimas de la vegetación para atenuar el proceso de deterioro ecológico y para fomentar la recarga de los acuíferos. DOE (2005)

Finalmente la reforestación y forestación es la opción para recuperar áreas degradadas mediante acciones como la protección de cuencas y la restauración para fines de subsistencia de las especies, así como la conservación y preservación de las áreas naturales Protegidas (Maserá, 1995).

Basado en lo anterior en el área natural protegida denominada Cerro del Punhuato, municipio de Morelia (Michoacán) en donde encontramos alto grado de perturbación ecológica, nula presencia de suelo y poca vegetación, se realizó una forestación con fines de restauración con especies favorables como lo son *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* ya que ambas, se apegan a los requerimientos ambientales en el entorno, teniendo como finalidad el aumento de la cobertura vegetal, la disminución de erosión, la generación suelo y el aumento de la captación de agua, ofreciendo nuevas alternativas de plantación para conocer qué factores influyen de manera significativa en su establecimiento y de esta forma conseguir una mayor sobrevivencia de la planta y aumentar la cobertura vegetal del sitio.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

Realizar una plantación experimental con fines de restauración en un Área Natural Protegida con dos especies de pino, para determinar cuál es la mejor en cuanto a sanidad y supervivencia en el Cerro del Punhuato, Morelia, Michoacán.

### 2. 2 Objetivos específicos

Evaluar la sobrevivencia de la plantación de las especies de *Pinus michoacana* Mart. y *P. pseudostrobus* Lind.

Determinar el efecto de la temperatura de suelo en cuanto a la supervivencia de *Pinus michoacana* Mart. y *P. pseudostrobus* Lind.

Determinar el efecto de la sanidad en cuanto a la supervivencia de *Pinus michoacana* Mart. y *P. pseudostrobus* Lind.

Determinar el efecto de la pendiente de suelo en cuanto a la supervivencia de *Pinus michoacana* Mart. y *P. pseudostrobus* Lind.

Generar una base de datos con los elementos naturales, técnicos y dasométricos encontrados en la plantación aplicados a un software, para el fácil manejo e interpretación de los mismos.

### **3. Antecedentes**

#### **3.1 Deterioro en el ecosistema.**

Vázquez (1987) citado por Chávez (1990), establece que los dos factores más graves de deterioro en los ecosistemas son los incendios y la erosión.

Richard (2001) establece que la dominancia de los pinos en comunidades forestales depende en gran medida de la presencia del fuego. Este mismo autor establece que las zonas arboladas en donde se encuentra establecido el pino en el continente americano responden de dos formas ante la presencia de fuego. Zonas o áreas en donde sus componentes toleran periodos de fuego y mantienen su estructura y zonas o áreas que sus componentes no toleran periodos de fuego, pero eventualmente pueden restablecerse cuando se presenta un incendio.

Velázquez *et al.* (2002) mencionan que el aumento de la población es la principal causa de deforestación, siendo el hombre el principal actor en la pérdida de cobertura vegetal en el mundo, ya que actualmente existe una deficiente planeación de desarrollo urbano, productivo y social.

Mientras tanto SEMARNAT (2003), da a conocer que la pérdida de cobertura forestal es alarmante en el estado de Michoacán debido a las labores e interés de cambio de uso de suelo de forestal a frutícola para la producción comercial agrícola de exportación.

### 3.2 Erosión.

La erosión según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de España MOPT (1992) es definida como el resultado del impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, que produce disgregación de los agregados del suelo, es por eso que las partículas de menor tamaño (limo y arcilla) quedan libres (disgregadas, sin elementos de cohesión entre sí a través de los coloides de arcilla y de materia orgánica), pudiendo ser trasladadas por el agua de lluvia que no consigue infiltrarse en el suelo (agua de escorrentía). De forma similar a la erosión hídrica antes descrita; la acción del viento sobre la superficie del suelo puede tener acción muy negativa en determinadas áreas, destruyendo los agregados naturales y desplazando las partículas de menor tamaño (erosión eólica).

Además revela que las tasas de pérdida de suelo debidas a la erosión son muy variables, desde unas pocas toneladas de suelo por año (que pueden no tener mayor importancia por coincidir “grosso modo” con la capacidad de regeneración o formación del suelo) a decenas e incluso centenas de toneladas de suelo por año, lo que originaria que en unas décadas el suelo fuera mucho menos productivo o incluso dejara de ser apto para usos agrícolas.

Las causas de la erosión pueden ser bióticas o abióticas, de las causas bióticas la actividad humana se ha convertido en el principal factor, inclusive puede dominar todas las causas de la erosión del suelo. Algunos se refieren a la erosión provocada por el hombre como erosión antropogénica, otros como erosión secundaria que sería lo opuesto a erosión natural o primaria, como por ejemplo, sequias severas, grandes tormentas o terremotos, en cuanto a las causas abióticas se contemplan el agua y el viento como los principales agentes FAO (2001).

### 3.3 Restauración ecológica.

Es entendida por la Sociedad de Restauración Ecológica como “la alteración intencional de un sitio para establecer un ecosistema indígena histórico”. La meta de este proceso busca emular la estructura, funcionamiento, diversidad y dinámicas del ecosistema especificado. (SER) citado por Jiménez *et al.* 2002

La restauración ecológica para Mclever y Starr (2001), es definida “como el proceso de ayuda a la recuperación y mantenimiento de la integridad ecológica” incluyendo un “rango crítico de variabilidad en la biodiversidad, procesos ecológicos y estructuras regionales en un contexto histórico y prácticas culturales sustentables.

La sociedad para la restauración ecológica (SER) por sus siglas en Ingles citado por Jiménez *et al.* 2002 define a la restauración ecológica como el procedimiento de reparación de daños a la diversidad biológica y los procesos dinámicos de los ecosistemas, causados por perturbaciones naturales o acciones antropogenicas y subraya que no solo se trata de rescatar especies sino de recuperar las interacciones y procesos ecológicos, donde las especies están relacionadas entre sí y con el medio abiótico, además se trata de generar sistemas que funcionen de acuerdo con los principios ecológicos que logren una sustentabilidad y que se integren a su contexto.

### 3.4 Estudios de restauración

En una plantación efectuada en 1992 con la especie de *Encelia californica*, en un sitio perturbado, Bowler (2002) reporta el 96% de sobrevivencia.

En sus estudios sobre la regeneración natural del bosque mesófilo de montaña (BMM) en la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán Ortiz *et al.*, (2001), indican que las especies arbóreas típicas del BMM pueden regenerarse naturalmente en el sotobosque de los pinares, en sitios con suelos húmedos y relativamente fértiles. Esto fue el resultado que se obtuvo de la investigación en la que observaron el potencial de establecimiento de tres especies arbóreas del BMM: *Fraxinus uhdei*, *Magnolia iltisiana* y *Quercus salicifolia* bajo el dosel de *Pinus douglasiana*.

Utilizando especies de Pino regionales y de la región Mediterránea, Domínguez *et al.*, (2001) realizan un proyecto de reforestación con fines de restauración, en sitios marginales de Nuevo León, evaluando la sobrevivencia y desarrollo inicial, obteniendo el mejor resultado con los pinos regionales comprendidos por las especies *Pinus pseudostrobus*, *Pinus cembroides* y *Pinus greggii*.

Carrasco *et al.*, (2008), realizan trabajos de reforestación para la restauración de los terrenos degradados en la región Nordeste de México con especies de *Pinus nelsonii* y *Pinus cembroides*, adaptadas a condiciones de degradación y de sequías, evaluando la supervivencia, diámetro y altura, así como el efecto altitudinal de las mismas, obteniendo como resultado más del 50% de supervivencia, en las dos diferentes especies.

Camacho *et al.*, (2002), estudian la respuesta de germinación y supervivencia de seis especies arbóreas latifoliadas, realizando una reforestación con la finalidad de restaurar hábitats perturbados, obteniendo como conclusión que factores como la cobertura de dosel, temperatura y humedad de suelo, así como la temperatura y humedad del piso forestal son los principales factores e indicadores para el establecimiento de las seis especies estudiadas.

Después de 20 años, al evaluar una reforestación, Arias, (1992), obtuvo como resultado que las especies *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus michoacana*, tuvieron buenos rendimientos en zonas degradadas compuestas por tepetate principalmente en la zona de la cuenca de México.

### **3.5 Decreto de Áreas Naturales Protegidas**

En el estado de Michoacán existen 17 Áreas Naturales Protegidas entre las que destacan el Cerro Punhuato y La Mintzita ya que son en las que se contempla la recarga de los acuíferos y la captación de agua de lluvia. (SUMA 2010)

En Morelia, Michoacán en el año de 2005 se decretaron tres Áreas Naturales Protegidas, debido al crecimiento de la ciudad, las cuales se dieron a conocer mediante el Diario Oficial del Estado. DOE (2005)

Enero de 2005, se decreta como Área Natural Protegida al sitio conocido como **“CERRO DEL PUNHUATO”** del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo. Esta zona es decretada bajo el objetivo de conservación de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos amenazados o en peligro de extinción, que requieren de la protección y conservación de su hábitat, recarga de los acuíferos, captación de agua de lluvia, recreación y esparcimiento. (DOE, 2005)

Enero de 2005, se decreta como Área Natural Protegida al sitio conocido como **“EX ESCUELA AGRÍCOLA DENOMINADA LA HUERTA”** del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo. Esta zona es decretada bajo el objetivo de conservación y protección, dadas las características biológicas y escénicas de la localidad y los beneficios ecológicos al municipio de Morelia. (DOE, 2005)

Enero de 2005, se decreta como Área Natural Protegida al sitio conocido como **“MANANTIAL LA MINTZITA”** del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo. Esta zona es decretada bajo el objetivo de conservación de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos amenazados o en peligro de extinción, que requieren de la protección y conservación de su hábitat, captación de agua de lluvia y de recreación estas características son basadas en las condiciones biológicas presentes en la zona. (DOE, 2005)

### 3.6 Descripción botánica de las especies utilizadas.

La descripción botánica de las especies se toma de Martínez (1948).

#### 3.6.1 *Pinus michoacana* Martínez

Sinonimia: *Pinus devoniana* Lindley.

Árbol de 20 a 30m de altura y 1m de diámetro normal, en sus primeros 5 años permanece cespitoso, con la corteza áspera y agrietada, ramillas de color moreno oscuras, muy ásperas, con brácteas oscuras, grandes salientes, duras y muy juntas.

Hojas en grupos de cinco, comúnmente de 30 a 35cm de largo en ocasiones de 25 a 45cm, siendo estos casos raros; son ásperas y fuertes, triangulares o anchamente asperas y fuertes, triangulares o anchamente triangulares, flexibles y robustas, de color verde claro brillante, ligeramente glaucas en sus caras internas, con estomas en las tres caras (unas 7 a 8 hileras en la dorsal y 5 a 6 en las laterales) bordes finamente aserrados con los dienteillos muy cortos y agudos, los canales resiníferos son tres medios ( a veces con uno o dos laterales casi internos), los haces fibrovasculares son dos, muy aproximados, casi contiguos, bien distintos y rodeados de abundantes células de refuerzo; el hipodermo es grueso, con numerosas entrantes irregulares en el clorenquima; las paredes exteriores de las células endodérmicas son delgadas o muy ligeramente engrosadas.

Vainas persistentes, de 25 a 30mm a veces hasta 40mm, de color castaño claro cuando jóvenes y más oscuras cuando adultas, escamosas abajo y anilladas arriba.

Yemas acuminadas de color leonado.

Conillos subcilíndricos a oblongos, levemente atenuados, con frecuencia en grupos de tres, de color moreno ligeramente violáceo, con la base ancho. Las escamas llevan puntas cortas y gruesas.

Conos oblongo ovoides o casi cilíndricos cónicos, algo oblicuos, gradualmente atenuados hacia la extremidad y muy poco hacia la base, de 25 a 30cm de largo por 12 a 13cm de ancho (abiertos), de color moreno opaco, algo resinoso, persistentes y fuertes, extendidos o ligeramente colgantes, casi derechos o levemente encorvados, por pares o en grupos de tres, rara vez solitarios, sobre pedúnculos gruesos y fuertes de 15 a 29mm, solamente visibles en los tiernos.

Escamas de 5cm de largo por 20 a 25mm de ancho, de ápice obtuso y umbo irregularmente romboidal.

Semilla vagamente triangular, de unos 9 a 10mm de largo por 6 de ancho, de color pardo con manchas negras; ala de 4.4 a 5cm por 10 a 12mm de ancho, de color café oscuro.

Este árbol es conocido comúnmente como pino lacio, Nativo de México y con una distribución geográfica de los 16° 35' y 21° 15' de latitud Norte y los 92° 15' y 102° 05' de longitud Oeste, siendo las siguientes entidades las más representativas:

Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Como característica particular se establece en laderas de bosque de pino y bosque de pino – encino.

Su distribución altitudinal comprende un rango de 1500 a 2500 m y en ocasiones hasta 3000msnm, obteniendo el mejor crecimiento en altitudes de 2000msnm., en climas subtropicales, con veranos bien definidos y de 3 a 76 heladas por año. La temperatura promedio para su establecimiento y desarrollo es de 18°C, pero puede sobrevivir en temperaturas que van de los 7 a los 45°C, en cuanto a la precipitación anual óptima para establecimiento y desarrollo va de los 600 a 1600 mm, con una media anual preferente de 1100 mm.

Para su uso comercial la madera es de buena calidad por lo que en los estados de Michoacan, Mexico y Oaxaca se utiliza para la fabricación de muebles, duela, parquet y producción de resina (Eguiluz, 1978) citado por (CONAFOR, 2006); y en el centro del país para la obtención de madera aserrada y producción de celulosa (CONAFOR,2006)

### **3.6.2 *Pinus pseudostrobus* Lindl. var *pseudostrobus***

Árbol de 15 a 25 m de altura, a veces mas, con ramas extendidas y verticiladas; corteza lisa durante mucho tiempo, en la vejez áspera y agrietada; ramillas delgadas y frágiles, con largos entrenudos de color café rojizo, con tinte azulado en sus partes tiernas. La base de las brácteas espaciadas y fuertemente adheridas a las ramillas y sumergidas en ellas.

Hojas en grupos de 5, de 17 a 24 cm de largo, muy delgadas, triangulares y flexibles, de color verde intenso, a veces con ligero color amarillento o glauco, finamente aserradas, con los dientecillos uniformes.

Los canales resiníferos son tres, a veces dos medios, rara vez con uno externo o interno. Haces fibrovasculares 2, muy aproximados, generalmente poco distintos; hipodermo casi uniforme o con ligeras entrantes en el clorenquima con 2 ó 3 hileras de células gruesas e irregulares.

Vainas persistentes, anilladas, de 12 a 15 mm (a veces hasta 20), de color castaño oscuro, algo brillante.

Yemas oblongo cónicas, de color anaranjado.

Conillos oblongos largamente pedunculados, oscuros, con gruesas escamas provistas de puntas romas.

Conos ovoides o largamente ovoides de 8 a 10 cm, a veces más, de color café claro, amarillento o morenos, extendidos, muy levemente encorvados y poco asimétricos, generalmente por pares; no pronto caedizos, sobre pedúnculos de 10 a 15 mm (excepcionalmente hasta 23) y a veces casi sésiles. Frecuentemente el pedúnculo queda en la ramilla conservando algunas escamas basales.

Escamas delgadas pero duras, desiguales, de 3 a 3.5 cm de largo por 1.5 a 1.8 de ancho, con apice anguloso: umbo irregularmente cuadrangular; quilla transversal,

por lo común baja y poco marcada, costilla perpendicular poco visible, apófisis aplanada, en ocasiones saliente y redondeada, cúspide pequeña, deprimida, provista de una punta cónica, frágil y persistente.

Semilla vagamente triangular, oscura, de aproximadamente 6 mm, y ala de unos 23 mm de largo por 6 a 9 de ancho, con ala de unos 23 mm. De largo por 6 a 9 de ancho.

Este árbol es conocido comúnmente como pino ortiguillo o pino blanco, originario de México, Honduras y Guatemala, el cual se distribuye geográficamente entre los 17° 15' y 29° 15' de latitud norte y 92° 05' y 108° 35' de longitud Oeste, en la república mexicana se encuentra en los estados de Jalisco, Michoacán, Edo. de México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas. Encontrándose frecuentemente en bosque de pino y asociaciones de pino – encino, y se recomienda su uso en restauración de suelos degradados (CONAFOR, 2006).

Su distribución altitudinal comprende un rango de 2400 a 2800 msnm. y se ha encontrado en México entre los 1,600 hasta los 3000 msnm. La temperatura promedio para su establecimiento y desarrollo es de 14°C, pero puede sobrevivir en temperaturas que van de los 9 a los 40°C, en cuanto a la precipitación anual óptima para establecimiento y desarrollo va de los 500 a 2000 mm, con una media anual preferente de 1000 mm. (CONAFOR 2006).

En cuanto a sus usos Eguiluz, 1978 citado por CONAFOR (2006), menciona que en el centro y sur del país, es utilizada para la producción de triplay, chapa, caja de empaque, molduras y en la construcción, así como para la elaboración de muebles finos, artesanías, ebanistería y pulpa para papel.

#### **4. Justificación.**

En la actualidad son pocas o casi nulas las acciones de cuidado, protección y restauración de las zonas forestales no solo de nuestra ciudad sino del país, es por eso que mediante las herramientas de investigación y la situación de deterioro existente en el ecosistema debemos de preocuparnos por la conservación y restauración de nuestros recursos.

El Área Natural Protegida “Cerro Punhuato” actualmente se encuentra con alto grado de perturbación y erosión, presencia de vegetación exótica y presencia de plaga, en el área también se puede observar que se desarrollan diversos proyectos de investigación y de inversión gubernamental, en donde se pretende mejorar la situación de la zona.

Este trabajo, es realizado con la finalidad de obtener un sistema de forestación de las zonas desprovistas de vegetación y con objetividad de generar servicios ambientales, reactivar el ciclo de nutrientes en el suelo, disminuir paulatinamente la erosión hídrica y eólica; generando conciencia con el trabajo y mostrando resultados cualificables y cuantificables a la sociedad en general. Cabe mencionar que con el éxito de este trabajo pueden involucrarse las instituciones educativas interesadas para darle seguimiento a los trabajos y experimentación en la zona.

## 5. Hipótesis

Existen diversas técnicas que se pueden emplear para favorecer la restauración ecológica. En el presente trabajo de investigación se plantean las siguientes hipótesis:

- La plantación de árboles para aumentar la cobertura vegetal en el “Cerro del Punhuato”.
- A mayor cobertura vegetal, menor pérdida de suelo y comienza la regeneración paulatina de suelo.
- Con la regeneración de suelo y el aumento de cobertura vegetal, mayor cosecha de agua pluvial.

## 6. Localización y caracterización del área.

### 6.1 Localización del área

El Área Natural Protegida denominada Cerro del Punhuato se encuentra al oriente de la ciudad de Morelia, es conocida por los moradores de esta ciudad capital del Estado de Michoacán debido a que es un punto de referencia para la salida a Mil Cumbres, con una altitud entre 1850 y 2300 msnm (León 1998); presenta una estructura en forma de herradura y un abanico al oriente, formado por productos piroclásticos (Garduño-Monroy *et al.* 2001, Madrigal-Sánchez *et al.* 2002). Se localiza entre los 19° 42' y 19° 41' Latitud Norte y 101° 08', y 101° 07' Longitud Oeste. El área destinada para el Jardín Botánico se encuentra a partir de los 1900 msnm y tiene una extensión de 47-00-00 has (Cabeza 2004). Cabe mencionar que a últimas fechas esta superficie aumentó a 78-84-00 has, Por su elevación (2300 msnm) (Fig. 1), el Punhuato es el quinto cerro más alto que se encuentra en el municipio (Madrigal-Sánchez y Guridi 2002).



**Fig. 1. Topografía del Cerro Punhuato**

Como podemos observar en la figura anterior (Figura 1), el Cerro Punhuato tiene una elevación sobre el nivel del mar entre los 1850 y 2300 msnm, observando paralelamente una línea, en forma de **s**, que representa el acceso principal al jardín botánico.

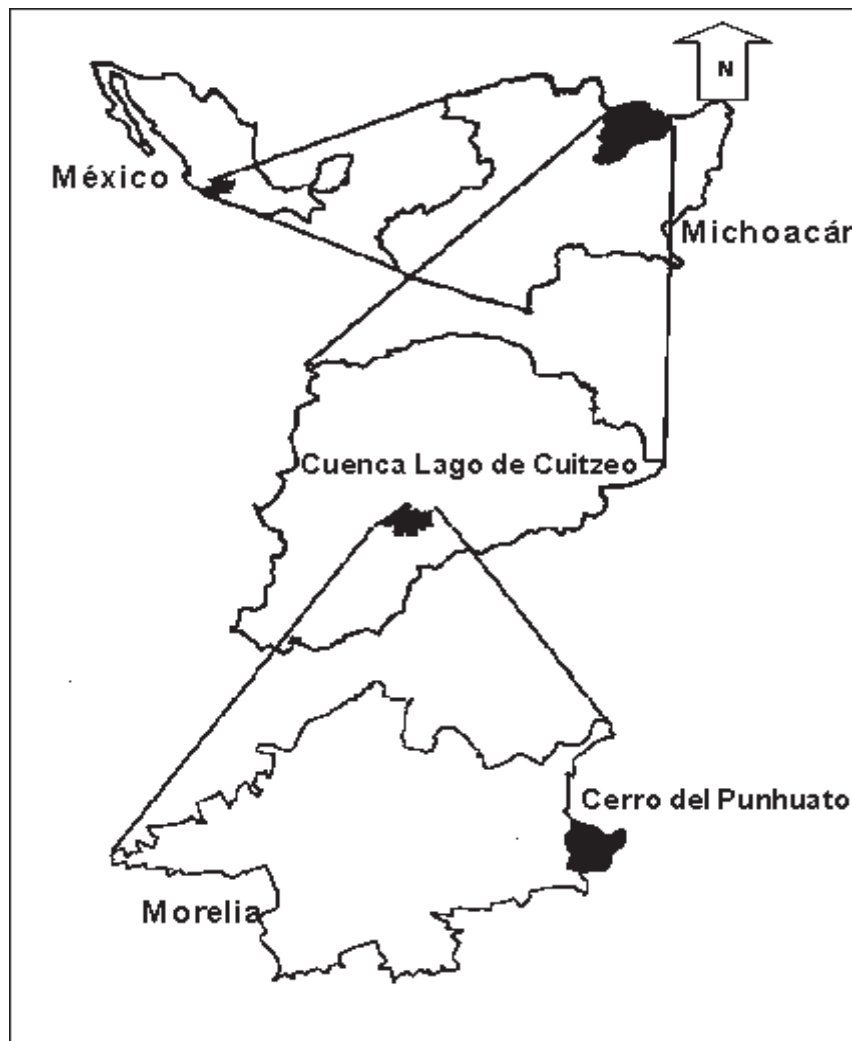
El clima del municipio de Morelia es: Cb ( $w_1$ ) (w) (i') g, templado subhúmedo con lluvias en verano (el más húmedo de los subhúmedos) y lluvia invernal menor al 5% de la precipitación total anual. La temperatura media anual es de 17.7°C (media máxima 32.6°C en mayo, media mínima 4.8°C en enero), el verano es fresco y largo con oscilación térmica entre 5.0 y 7.0°C. El mes más caliente se presenta antes de que inicie la temporada de lluvias, generalmente en junio. La precipitación total anual es de 765 mm. Los vientos predominantes provienen del suroeste y sur del municipio, son variables en los meses de julio, agosto y octubre, con intensidades de 2 a 14.5 y de 14 a 25 km/h (Carrillo y Cisneros 1995).



**Fig. 2. Fotografía satelital de la zona oriente en la ciudad de Morelia.**

En la fotografía anterior (Figura 2), observamos la parte centro y oriente de la ciudad de Morelia, así como la localización del cerro del Punhuato y el Área Natural Protegida, delimitada de color rojo y dentro de esta el sitio experimental de la plantación señalada de color verde.

El Cerro Punhuato (Figura 2), debido a su cercanía con la ciudad, presenta diversos disturbios antrópicos como deforestación, introducción de especies exóticas. Particularmente la deforestación ha ocasionado que los remanentes de vegetación de matorral subtropical y de bosque de encino se encuentren aislados.



**Fig. 3. Ubicación Cerro Punhuato**

En la figura anterior (Figura 3) se puede observar que el Área Natural Protegida Cerro Punhuato se encuentra en el estado de Michoacán y dentro de la cuenca Lago de Cuitzeo.

## 6.2 Descripción del área

El cerro del Punhuato por sus características es prioritario para la conservación y mantenimiento de las condiciones óptimas de la vegetación para atenuar el proceso de deterioro ecológico y fomentar la recarga de los acuíferos, así como para realizar trabajos de restauración del suelo mediante actividades de forestación y reforestación.



Fig. 4. Señalización del Área Natural Protegida ubicada en el acceso principal.

En el Área Natural Protegida (Figura 4) se pueden observar tipos de vegetación como son; matorral subtropical, bosque de pino- encino y mesófilo de montaña entre otros, y se encuentran arboles de encino: *Q. obtusata*, *Q. castanea*, *Q. desérticola*, *Q. glaucoides*, así como pinos: *Pinus michoacana*, *Fraxinus uhdei*, *Opuntia Spp.* (nopal), *Acacia pennatula* (Tepame), *Acacia farnesiana* (huizache), *Condalia velutina* (grangeno), así como otras especies introducidas como son: *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina equisetifolia* y *Cupressus Spp.*, entre otras, cabe mencionar que se ven individuos jóvenes de pinos de los que a la vista se pueden identificar que son de reforestaciones recientes entre los que se observan: *Pinus pseudostrobus* y *Pinus cembroides* sin descartar que pueden existir otras especies y diferentes variedades. (DOE, 2005).



**Fig. 5. Fotografía panorámica desde la parte baja del cerro.**

En la figura anterior (Figura 5), se observan algunos individuos de *Eucalyptus camaldulensis* (Eucalipto) y *Opuntia* spp. (Nopal), así como la parte alta del cerro y un alto grado de perturbación en la zona.

## 7. Materiales y métodos

En Morelia, Michoacán, México, se realizó un ensayo de dos especies del género *Pinus*, en el Área Natural Protegida denominada Cerro del Punhuato. Zona Sujeta a Preservación Ecológica, la cual cuenta con un programa de manejo y se encuentra bajo la supervisión y cuidado del gobierno del estado de Michoacán, a través de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA), ante la que se presentó por medio de la División de Estudios de Posgrado de La facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, la solicitud correspondiente para llevar a cabo el proyecto de investigación, con los objetivos y especificaciones técnicas del mismo.

Así mismo dicha zona cuenta con un consejo conformado por un conjunto de representantes de instituciones y sectores de la sociedad interesados en la protección, conservación y restauración de este lugar. Este consejo se conforma por el propietario del predio, autoridades de gobierno, instituciones educativas, empresarios, profesionistas y sociedad civil, los cuales son quienes toman las decisiones de los trabajos y actividades a realizarse. Por lo anterior para cualquier proyecto de investigación, trabajo experimental o actividad que se pretenda realizar debe ser avalada tanto por la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente como por el consejo del AN'P del Cerro del Punhuato. Organismo ante el cual se expuso el proyecto de investigación.

Una vez presentado el proyecto, obtuvimos la autorización para el desarrollo del proyecto, teniendo algunas condicionantes por parte de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente. Como fueron:

- Cercar el sitio de establecimiento de las plantas.
- La señalización del sitio con especificaciones técnicas.
- Compromiso de entregar resultados de la plantación a la Secretaría al término del proyecto.

De esta manera ambas instituciones generaron un acuerdo de colaboración aceptando las condicionantes por parte de la institución educativa y por parte de la secretaria, no sin antes realizar las observaciones pertinentes a las condicionantes de las observaciones anteriores emitidas por la secretaria. Debido a que es un área natural protegida no es necesario que se cerque el sitio, ya que se modificó el método y sistema de plantación inicial, (a petición del consejo del Cerro Punhuato) y con el actual procedimiento no existe riesgo alguno para los visitantes y para el cuidado y protección de los arboles, debido a que es una zona accidentada y no existe presencia de ganado.

Por otra parte el poner letreros de cualquier material seria un riesgo inminente para las especies de aves que aquí habitan, no habiendo ningún problema en dar a conocer los resultados de esta plantación a la secretaria.

Realizamos la planeación de la plantación ya que es un factor fundamental para el éxito o el fracaso de cualquier plantación y para nuestro caso, fue el primer paso para el desarrollo del presente proyecto de investigación en donde se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- objetivos de la plantación.
- localización y ubicación del predio.
- solicitudes y permisos en el predio.
- condicionantes del dueño o poseedor.
- factores físico climáticos del sitio experimental.
- selección y requerimientos de la especie para forestar.
- producción, transportación y mantenimiento de la planta.
- preparación del terreno.
- plantación.
- mantenimiento de la plantación.

De acuerdo a los aspectos antes mencionados se desarrolló el proyecto de investigación.

Posteriormente nos ubicamos en el Área Natural Protegida, en la parte alta del cerro en donde se nos indicó por parte del encargado del jardín botánico que ese era el lugar, en donde podíamos llevar a cabo nuestro proyecto de investigación, siendo un lugar muy limitado para las condiciones de sobrevivencia para cualquier especie a establecerse. (Figura 6)



**Fig. 6. Sitio experimental para llevar a cabo la forestación.**

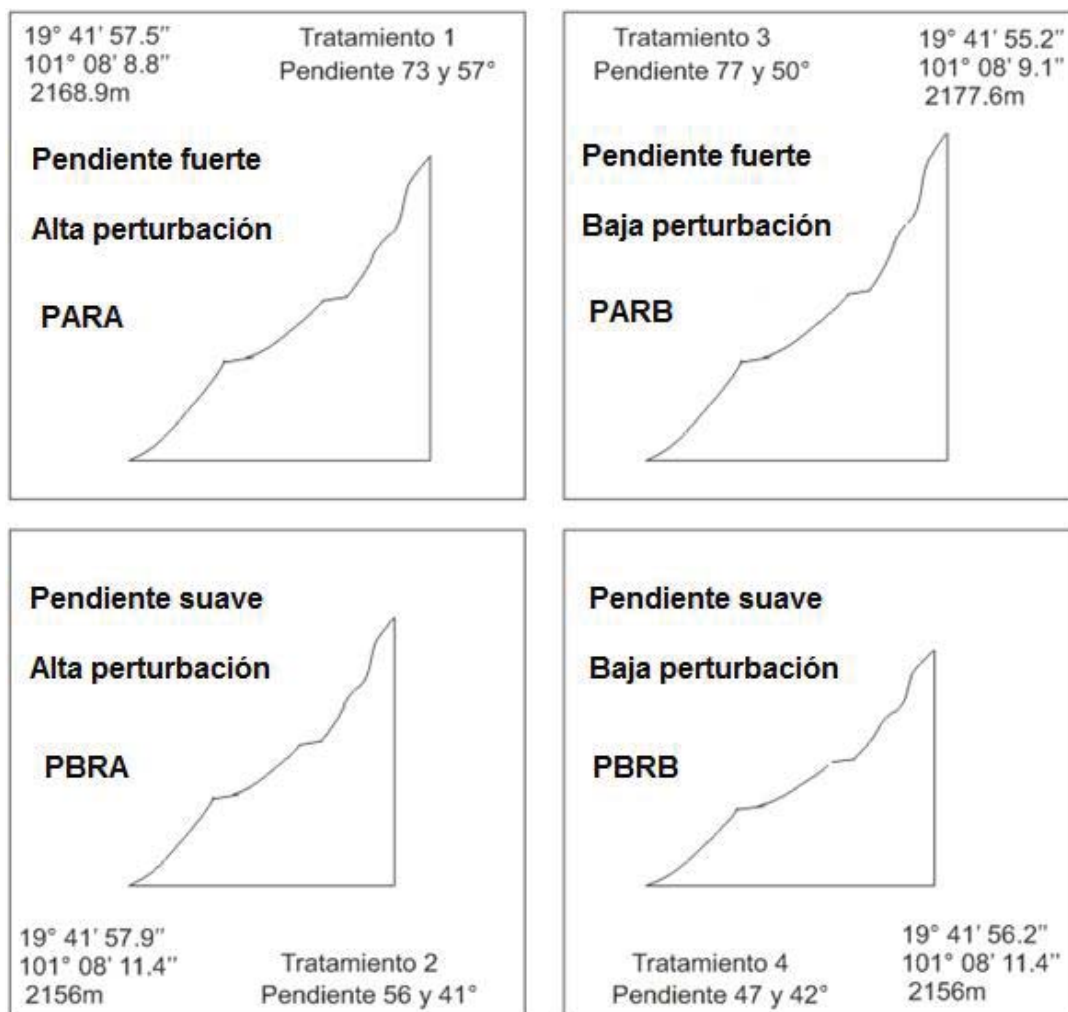
El sitio experimental se encuentra en una superficie de 01-00-00 ha. o 10,000 m<sup>2</sup> de terreno, en el que se observan especies arbustivas, herbáceas y algunas arbóreas, estas últimas introducidas o exóticas, las cuales presentan algunas deficiencias que son observadas por su coloración pálida, así como falta de vigor y en el caso de un par de *Eucalyptus camaldulensis* se observa la presencia de plaga.



**Fig. 7. Fotografía satelital del sitio experimental y su delimitación.**

Se puede observar en la figura anterior (Figura 7) la mediante la textura la vegetación existente, dentro del área azul, en la que podemos observar que es la parte alta del cerro, en donde se aprecia una pendiente fuerte existente en el lugar.

El sitio tiene una pendiente aproximada de entre  $77^\circ$  y  $41^\circ$ , así mismo existe presencia abundante de pedregosidad, existe en otras partes la estructura de suelo a simple vista y poca permeabilidad al subsuelo.



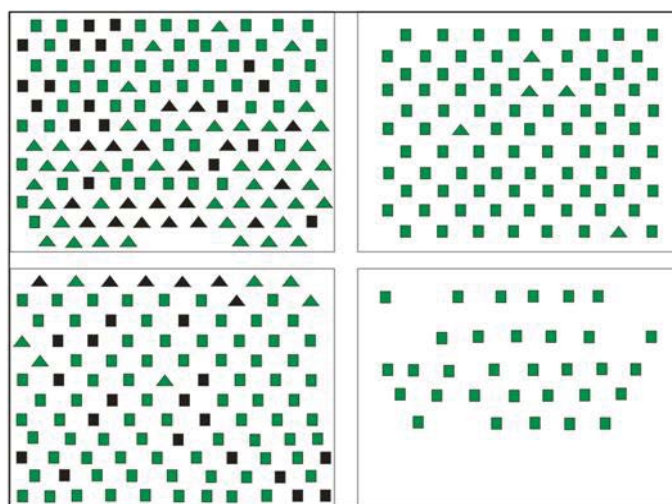
**Fig. 8. Esquema de la delimitación de las parcelas y tratamientos experimentales, así como la pendiente representativa y nomenclatura de cada uno de los tratamientos.**

Posteriormente en el sitio experimental dentro del Área Natural Protegida denominada Cerro Punhuato, se dividió en cuatro tratamientos o parcelas las cuales se clasificaron de la siguiente manera (fig. 8), en la parcela 1 se tiene una pendiente fuerte entre los 73° y 57° y existe alto grado de perturbación; en la parcela 2 la pendiente es suave y va de los 56° a los 41°, con alto grado de perturbación; en la parcela 3 hay una pendiente fuerte entre los 77° y 50° y baja perturbación; en la parcela 4 existe una pendiente suave de 47° a 42° y baja perturbación (cuadro 1).

**Cuadro 1. Características de la pendiente, condiciones de suelo, grado de perturbación y nomenclatura de tratamiento.**

SITIO	GRADOS DE PENDIENTE	PERTURBACIÓN	NOMENCLATURA
Parcela 1	(73° a 57°) FUERTE	ALTA	PARA
Parcela 2	(56° a 41°) SUAVE	ALTA	PBRA
Parcela 3	(77° a 50°) FUERTE	BAJA	PARB
Parcela 4	(47° a 42°) SUAVE	BAJA	PBRB

Como podemos observar en este cuadro (Cuadro 2), existe alta perturbación en el caso de las parcelas 1 y 2, no siendo así el caso de las parcelas 3 y 4, mientras que en la parcela 1 y 3 existe una pendiente fuerte y las parcelas 2 y 4 la pendiente es suave, para el caso de las nomenclaturas es la combinación entre el grado de perturbación y la pendiente siendo clasificados los tratamientos de la siguiente manera: PARA= pendiente fuerte y perturbación alta, PBRA= pendiente suave y perturbación alta, PARB= pendiente fuerte y perturbación baja, PBRB= pendiente suave y perturbación baja.



**Fig. 9. Esquema de distribución de establecimiento de la plantación por tratamiento.**

En la figura 9, observamos la distribución de la plantación, en donde los cuadrados representan árboles de *Pinus michoacana* y los triángulos árboles de *Pinus pseudostrobus*.

Cabe mencionar que la vegetación existente fue respetada al momento de realizar la plantación a petición de la secretaría, ya que a futuro se realizará una evaluación para la conservación o remplazo de dicha vegetación.

Una vez delimitado el sitio experimental, procedimos a estudiar los datos climáticos de la zona ubicando la estación meteorológica, más cercana al lugar, analizando los registros históricos de 5 años a la fecha, para de esta forma poder determinar el tipo de especie adecuado para el lugar.

**Cuadro 2. Resumen de datos de los principales factores climáticos históricos en el sitio.**

DATOS CLIMATICOS						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TEMPERATURA MEDIA (°C)	<b>19</b>	<b>18.4</b>	<b>19.1</b>	<b>18.9</b>	<b>18.3</b>	<b>18.8</b>
HUMEDAD RELATIVA (%)	<b>59</b>	<b>62</b>	<b>58</b>	<b>56.4</b>	<b>54</b>	<b>56.1</b>
INSOLACIÓN TOTAL (hrs)	<b>1834.6</b>	<b>1699.4</b>	<b>1867</b>	<b>1732.6</b>	<b>1697.1</b>	<b>1667.1</b>
EVAPORACIÓN TOTAL (mm)	<b>2657.56</b>	<b>2634.44</b>	<b>2886.31</b>	<b>2625.09</b>	<b>2713.56</b>	<b>2801.5</b>
LLUVIA TOTAL (mm)	<b>1007.7</b>	<b>1073.7</b>	<b>843.5</b>	<b>923.1</b>	<b>725.5</b>	<b>616.9</b>

En el cuadro anterior (Cuadro 2) podemos observar que la precipitación de los 5 años es atípica y va en constante disminución, siendo totalmente contraria, la evaporación total, mientras que la temperatura media se mantiene entre los 18 y 19°C.

Posteriormente recurrimos al análisis de los requerimientos ambientales de especies de *Pinus*, que contarán con las condiciones mínimas necesarias de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio.

La primera especie considerada para esta plantación, es el *Pinus michoacana* Martínez (Fig. 10) también conocido como pino lacio. Nativo de México y con una distribución geográfica de los 16° 35' y 21° 15' de latitud Norte y los 92° 15' y 102° 05' de longitud Oeste, siendo las siguientes entidades las más representativas: Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Como característica particular se establece en laderas de bosque de pino y bosque de pino – encino. (CONAFOR 2006)



**Fig. 10. Ejemplar de *Pinus michoacana* Mart., sano.**

El *Pinus michoacana* Mart. se caracteriza por ser una especie cespitosa en sus primeros años después de germinado y se asemeja a una escobeta como lo podemos observar en la figura 10.

La otra especie que cuenta con los requerimientos necesarios para poder establecerse en el sitio es el *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. *pseudostrobus*, (Fig.11) conocido comúnmente en el estado de Michoacán como pino ortiguillo o pino blanco, originario de México, Honduras y Guatemala, el cual se distribuye geográficamente entre los 17° 15' y 29° 15' de latitud norte y 92° 05' y 108° 35' de longitud Oeste, en la república mexicana se encuentra en los estados de Jalisco, Michoacán, Edo. México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas. Encontrándose frecuentemente en bosque de pino y asociaciones de pino – encino, aunque no se descarta su uso en restauración de suelos degradados. (CONAFOR 2006)



**Fig. 11. Ejemplar de *Pinus pseudostrobus* Lind., sano.**

El *Pinus pseudostrobus* no presenta estado cespitoso por lo que en la figura 11 logramos ver que posee un tallo recto y ramillas secundarias con asciculas largas y quemadas de la punta, aparentemente por un déficit de riego.

Se obtuvo planta de *Pinus michoacana* Mart. Y *P. pseudostrobus* Lind., procedentes de un vivero particular en el municipio de Zitacúaro Michoacán, cuya procedencia de la semilla es desconocida, las cuales fueron producidas en bolsas de polietileno negro de 7 X 16cm, utilizando como sustrato tierra conocida como colorada o de monte. En donde también se le dio un cuidado especial (Figura 12) a partir del mes de febrero de 2009, el cual consistió en el cuidado de acuerdo a las condiciones que presenta el Cerro Punhuato como fue la exposición de la planta a temperaturas extremas, disminución de riego y de fertilización.



**Fig. 12. Mantenimiento y aclimatación de la planta en el vivero.**



**Fig. 13. Fotografía satelital en donde se representa las superficies de cada uno de los sitios.**

En la figura 13, podemos observar de color amarillo el sitio o parcela 1, de color verde la parcela 2, de color azul la parcela 3 y de color rojo la parcela 4.

El traslado de la planta del vivero en Zitacuaro Mich. a la ciudad de Morelia se realizó en un vehículo cerrado (Fig. 14) y la planta con previo riego, esto para evitar lesiones a la planta por el aire en el transcurso del traslado.



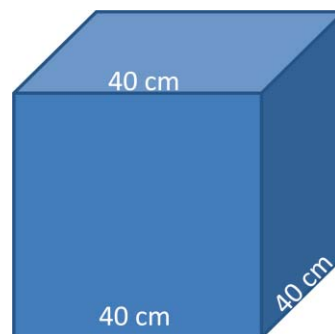
**Fig. 14. Acomodo especial de la planta para su traslado.**

En la figura 14 podemos observar que el acomodo de la planta, es traslapándose entre sí, y de acuerdo a la cantidad de planta a transportar debe ser la capacidad del vehículo. Se recomienda que sea en vehículos cerrados y los arboles con un riego previo para evitar que se estresen los arboles por el viento y que se lleguen a deshidratar.

La elaboración de las cepas se realizo con 40 cm. de ancho, largo y profundidad, (Fig. 16) para proporcionarle condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de la planta, permitiendo a su vez una mayor filtración de agua al subsuelo (Fig. 15) del sitio experimental.



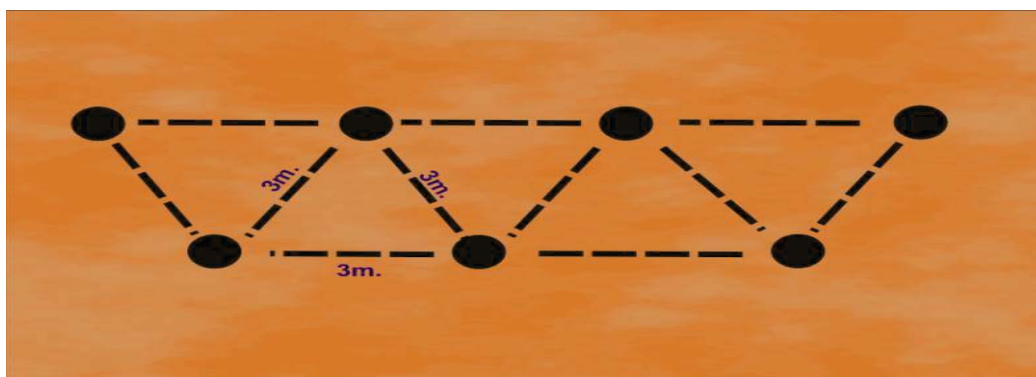
**Fig. 15. Elaboración de la cepa.**



**Fig. 16. Esquema de la cepa.**

En la figura 15, podemos observar la existencia de materia orgánica y pedregosidad así como una barra con la que se elabora la cepa.

La plantación se realizó en el mes de septiembre de 2009, (ya que este año fue atípico en su temporada de lluvia) de acuerdo a la fisiografía del terreno respetando la vegetación existente y con una distribución de tres bolillo a 3m de separación entre sí (Figura 17), quedando de la siguiente manera: en la parcela 1, se plantaron 133 individuos, 74 (55%) *P. michacana*, 59 (45%) y *P. pseudostrobus*; en la parcela 2, se plantaron 107 individuos, 89 (83%) *P. michoacana* y 18 (17%) *P. pseudostrobus*; en la parcela 3, se plantaron 88 individuos 83 (95%) *P. michoacana* y 5 (5%) de *P. pseudostrobus*, y en la parcela 4, se plantaron 32 individuos (100%) de *P. michoacana*. Cabe mencionar que cada una de las parcelas representa un tratamiento (cuadro 2).



**Fig. 17. Distribución del establecimiento de los árboles.**

En la figura 17 podemos observar el esquema de distribución de la plantación observando que mantiene una equidistancia de tres metros formando un triangulo equilátero.



**Fig. 18. *Pinus michoacana* establecido.**

Durante la plantación de los árboles se estaba utilizando la materia organica para evitar dejar bolsas de aire. (Figura 18)



**Fig. 19. Plantando árbol de *Pinus michoacana*.**

En la figura 19, se realiza la plantación de un individuo de *Pinus michoacana*, vigoroso de 2 años, en donde existe poca o nula presencia de suelo y se está agregando materia orgánica para su establecimiento.

**Cuadro 3. Individuos establecidos en las parcelas, por especie y proporción.**

TARATAMIENTO	ESPECIE	# INDIVIDUOS ESTABLECIDOS	PROPORCIÓN %
parcela 1	<i>P. michoacana</i>	74	55
	<i>P. pseudostrobus</i>	59	45
parcela 2	<i>P. michoacana</i>	89	83
	<i>P. pseudostrobus</i>	18	17
parcela 3	<i>P. michoacana</i>	83	95
	<i>P. pseudostrobus</i>	5	5
parcela 4	<i>P. michoacana</i>	32	100
	<i>P. pseudostrobus</i>	0	0

En el cuadro 3, observamos el establecimiento de las plantas subdivididos por especies, por cada una de las parcelas, así como el porcentaje que representan en cada tratamiento o parcela.

Posteriormente y dada la desigualdad de individuos por especie en cada uno de los tratamientos procedimos a realizar un análisis aleatorio (con el software SAS), para escoger 32 individuos por parcela de *Pinus michoacana*, así mismo se realizo un nuevo análisis aleatorio para escoger 74 individuos de *Pinus michoacana* y evaluar a nivel general en la plantación el *Pinus pseudostrobus*, del cual fueron seleccionados los 74 individuos establecidos.

Las evaluaciones del ensayo se realizaron cada 45 días, contabilizando la supervivencia y monitoreando la sanidad de cada uno de los individuos (Fig. 18), durante seis meses.



**Fig. 20. Localización de individuos en los tratamientos y toma de temperatura de suelo.**

Como podemos observar en la figura anterior (Figura 20) observamos parte del equipo de medición, GPS, calibrador, y termómetro de suelos.

El análisis general utilizado para el caso de *Pinus michoacana* es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + R_j + PR_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

**$Y_{ij}$** : Observación.

**$\mu$** : Efecto de la media general.

**$P_i$** : Efecto de la pendiente.

**$R_j$** : Efecto de la perturbación.

**$PR_{ij}$** : Interacción del efecto de la pendiente y perturbación.

**$\epsilon_{ij}$** : Efecto del error.

Mientras que para el caso del análisis por especie (*Pinus michoacana* vs *Pinus pseudostrobus*) es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

**$Y_{ij}$** : Observación.

**$\mu$** : Efecto de la media general.

**$S_i$** : Efecto de la especie.

**$\epsilon_{ij}$** : Efecto del error.

El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza (ANOVA) y en una comparación de medias mediante el estadístico de Tukey, realizados con las variables de temperatura de suelo, sanidad y pendiente ya que se consideran factores de variación que pueden influir en la supervivencia de los árboles. Para el ANOVA se utilizó el procedimiento GLM (Modelo general lineal), así como el estadístico de Tukey para el análisis de comparación de medias del paquete estadístico SAS (SAS, 2010).

Posteriormente se realizó una prueba de hipótesis mediante una prueba de F de Snedecor. Como se muestra a continuación:

## Prueba de Hipótesis.

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4 \quad \text{VS} \quad H_a = T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$$

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

T1: tratamiento 1

T2: tratamiento 2

T3: tratamiento 3

T4: tratamiento 4

VS: contra

$H_a$ : hipótesis alternativa

T1: tratamiento 1

T2: tratamiento 2

T3: tratamiento 3

T4: tratamiento 4

**Regla de decisión:**

**Si  $F$  calculada  $>$   $F$  tabulada**

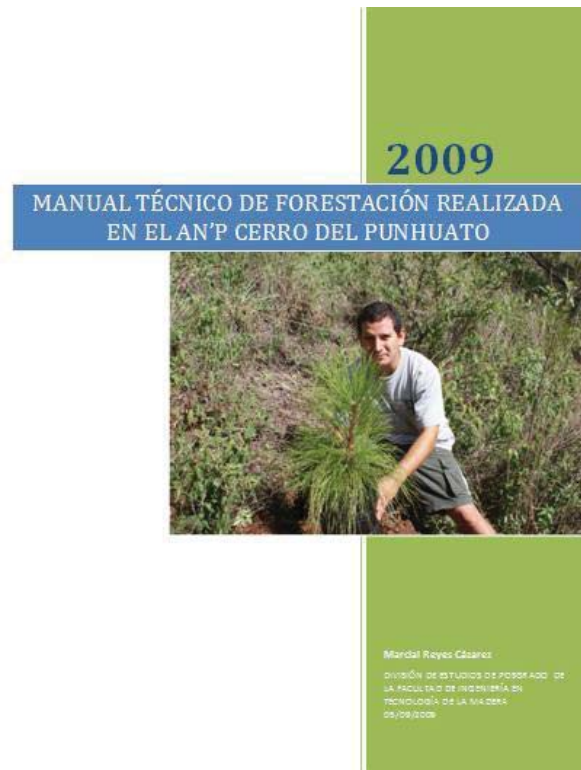
***Rechazar  $H_0$ . de otra manera aceptar (DOM) Aceptar.***

Para el manejo y procesamiento de datos se utilizaron los programas Word, Access y Excel del paquete Office de MICROSOFT.

Se elaboró un manual técnico en base a la bitácora de trabajo durante el establecimiento y desarrollo de la plantación, en donde se contemplan todos y cada uno de los aspectos importantes de la misma.

Mediante el programa de Access de Microsoft, se generó la base de datos de los 360 árboles, así como su descripción fenológica y se anexaron fotografías de cada uno de los individuos.

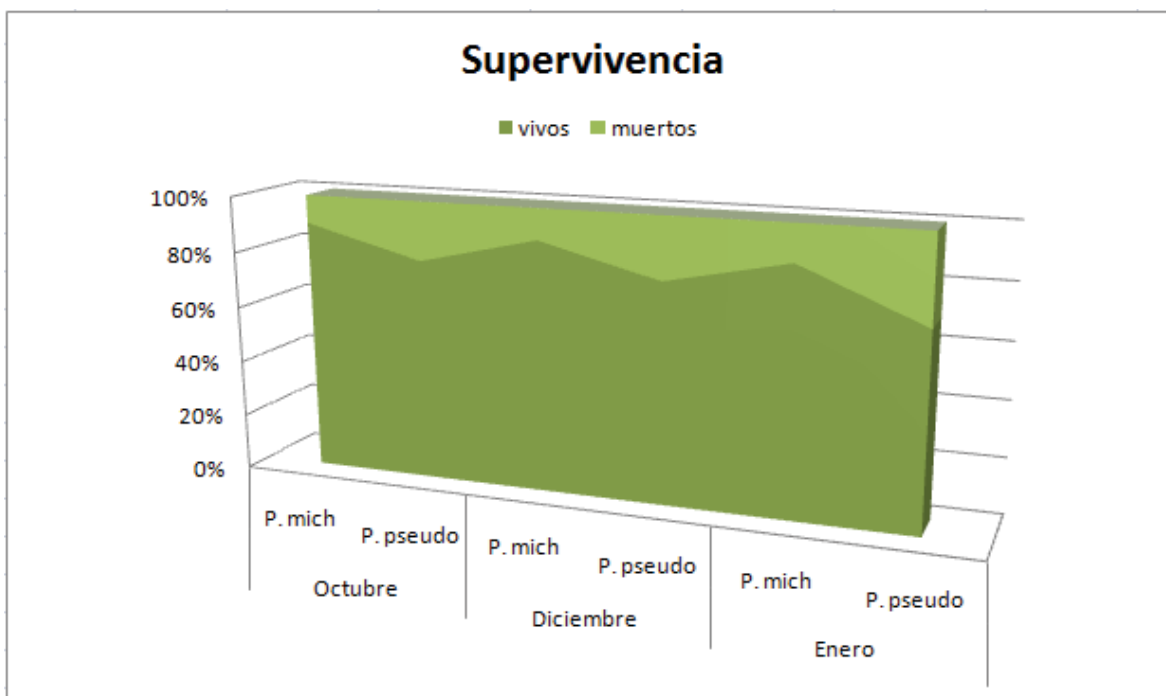
Una vez que se terminó con el establecimiento de la plantación, se elaboró el Manual Técnico de Forestación realizada en el Área Natural Protegida Cerro del Punhuato en el mes de septiembre de 2009.



**Fig. 21. Portada del Manual Técnico de Forestación.**

La figura 21, muestra la portada del manual técnico de forestación en donde aparece el autor, con un individuo de *Pinus michoacana* de dos años producido en una bolsa de polietileno de 20 X 40 cm, el cual fue el primer árbol que se plantó para dar inicio a la plantación de este proyecto.

## 8. Resultados



**Fig. 22. Gráfica cronológica de supervivencia de la plantación.**

En la figura anterior (Fig. 22), se observa la cantidad de árboles vivos y muertos por cada una de las especies cronológicamente de acuerdo a los meses en que se realizaron las evaluaciones correspondientes, en donde de acuerdo a los porcentajes de árboles vivos podemos determinar que es alta la sobrevivencia de éstos.

**Cuadro 4. Porcentaje de individuos vivos y muertos, por especie en las tres mediciones de la plantación.**

Supervivencia de la plantación						
	Octubre		Diciembre		Enero	
	P. mich	P. pseudo	P. mich	P. pseudo	P. mich	P. pseudo
Vivos	90%	79%	89%	78%	87%	69%
Muertos	10%	21%	11%	22%	13%	31%

El cuadro 4 nos indica los porcentajes de supervivencia y mortandad de la plantación cronológicamente, en donde se observa que los porcentajes de arboles vivos son superiores a los de mortandad en ambas especies.

Se realizó la evaluación de sanidad y supervivencia mediante un conteo directo de las 360 plantas del genero *Pinus* de las cuales 278 plantas son de la especie michoacana y 82 plantas son de la especie *pseudostrobus* (fig. 22). Se realizaron tres mediciones en las que se monitoreo principalmente la supervivencia y la sanidad.

Durante las evaluaciones en los meses de octubre y diciembre de 2009 y enero del 2010, en ésta ultima encontramos que la supervivencia era alta y los árboles se encontraban en buenas condiciones, solo en la última medición pudimos observar que la supervivencia se mantenía en un 83% (299 árboles) y de esos árboles la mayoría se encontraban atacados por insectos (207 árboles) (fig. 22), no significando riesgos para estos, ya que pudimos identificar en el sitio experimental dichos insectos y se aplicó un tratamiento químico ligeramente toxico como cerco fitosanitario. (Cuadro 5)

Durante el periodo de establecimiento de la plantación se encontraron 2 tipos de insectos en el sitio: *Schistocerca Spp.* (fig. 23) y *Cinara Curvipes* Patch (fig. 25), el primero *Schistocerca Spp.* (conocido vulgarmente como chocho o saltamontes) el cual es un defoliador que se presenta en forma gregaria y aparentemente requiere de condiciones climáticas especiales para su desarrollo y genera daños considerables en plantaciones forestales (fig. 24), frutícolas y campos de cultivo. (Cibrián 1995); el segundo insecto detectado *Cinara curvipes*, (pulgón) son insectos chupadores de savia y se presentan principalmente en primavera sin descartar encontrarlos en invierno, sus infestaciones son mayores en años secos y la mielecilla que extraen de la savia de los árboles se asocia con hongos y bacterias que provocan la muerte del árbol (fig. 26), tiene la capacidad de volar hacia arboles sanos y generar en alto grado infestaciones que pueden terminar con plantaciones completas (Cibrián, 1995).



Fig. 23. Ejemplar de *Schistocerca Spp.* encontrado en el sitio.

Uno de los insectos más abundante dentro del Área Natural Protegida, Cerro Punhuato, es el *Schistocerca Spp.* , en la figura 23 observamos un ejemplar que se encuentra cerca del sitio experimental, el cual pudimos fotografiar por la noche ya que en esta fase del día es cuando menor actividad presentan.



Fig. 24. Árbol de *Pinus michoacana Mart.* Defoliado por *Schistocerca*.

El ataque de los *Schistoscerca Spp.* Es abundante en todos los arboles, siendo principalmente a los arboles de *Pinus michoacana*, en donde se presentan el mayor número de ataques, como lo podemos observar en la figura 24, donde las acículas del árbol comienzan a presentar una coloración pajiza, de la parte exterior hacia el interior del árbol, aún y cuando el ataque es severo el individuo mantiene verde y viva su yema de crecimiento principal.



**Fig. 25. Ejemplares de *Cinara curvipes* Patch**

En la figura 25, se encuentran 20 individuos de *Cinara curvipes* Patch en la yema de crecimiento principal de un individuo de *Pinus pseudostrobus*, los que le provocarán posteriormente la muerte como lo podemos observar en la figura 26.



**Fig. 26. Pino *pseudostrobus* muerto por ataque de *Cinara curvipes* Patch**

Ambos insectos se pueden controlar y erradicar mediante insecticidas de contacto por aspersión como manejo preventivo y correctivo, por lo que procedimos de inmediato en cuanto detectamos e identificamos ambos insectos, a la aplicación de un insecticida agrícola de concentrado emulsionable (DIAZINON, DRAGON 25E) ligeramente tóxico en baja concentración para en una primera fase controlar al insecto y posteriormente aumentar la concentración del insecticida para tratar de erradicarlo (cuadro 5). Cabe mencionar que se realizaron recorridos por toda el Área Natural Protegida y se observaron algunos árboles con presencia de plaga y no pudimos encontrar cual es el origen del brote de dicho insecto.



**Fig. 27. Envase del producto Diazinon Dragon 25E emulsionable.**

El envase del producto químico como lo observamos en la figura 27, es la presentación de un litro el cual en su etiqueta contiene la forma de uso y especifica su toxicidad así como recomendaciones para la aplicación y ficha técnica.

**Cuadro 5. Calendarización de aplicaciones del tratamiento sanitario de la plantación.**

APLICACIÓN DE INSECTICIDA			
FASE	FECHA	DIAZINÓN %	AGUA %
1	27-dic-09	1	99
2	06-ene-10	2	98
3	12-ene-10	2	98

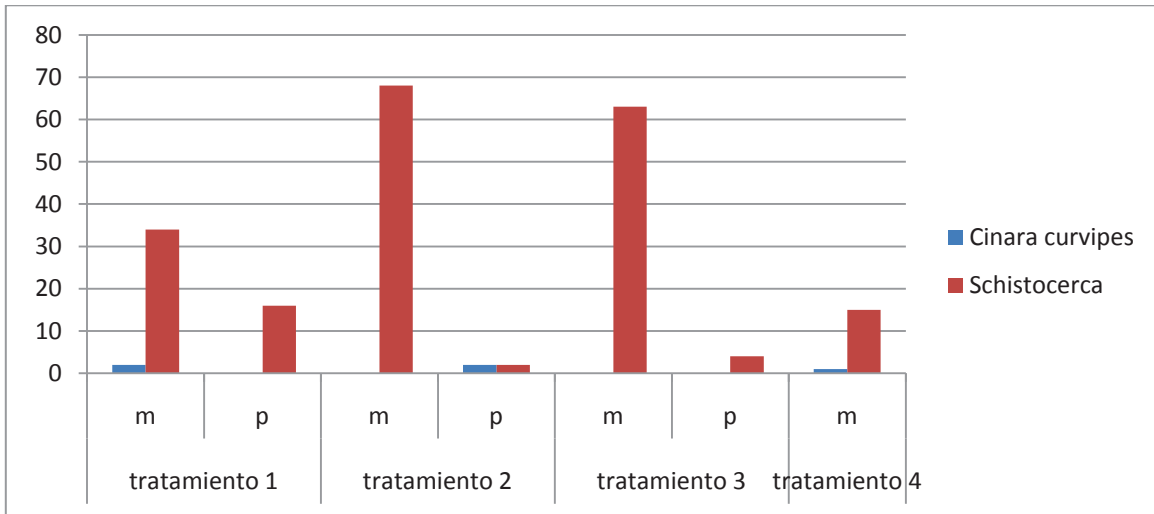
En el cuadro 5, se especifican, las fechas de las aplicaciones, así como los porcentajes del producto químico y del solvente, en donde se comenzó con una cantidad pequeña del producto químico para observar el efecto sobre los insectos y posteriormente se aumentó la cantidad al observar que el producto tuvo el efecto deseado, repitiendo nuevamente la dosis y controlando a los insectos presentes en el sitio experimental.

De acuerdo a la presencia de los insectos antes mencionados se presentó la muerte de árboles tanto por ataque de ambos insectos como por la intolerancia a la sombra (fig. 26) de ambas especies del genero *Pinus*.

**Cuadro 6. Balance de sanidad de la plantación, por tratamiento, especie e insecto.**

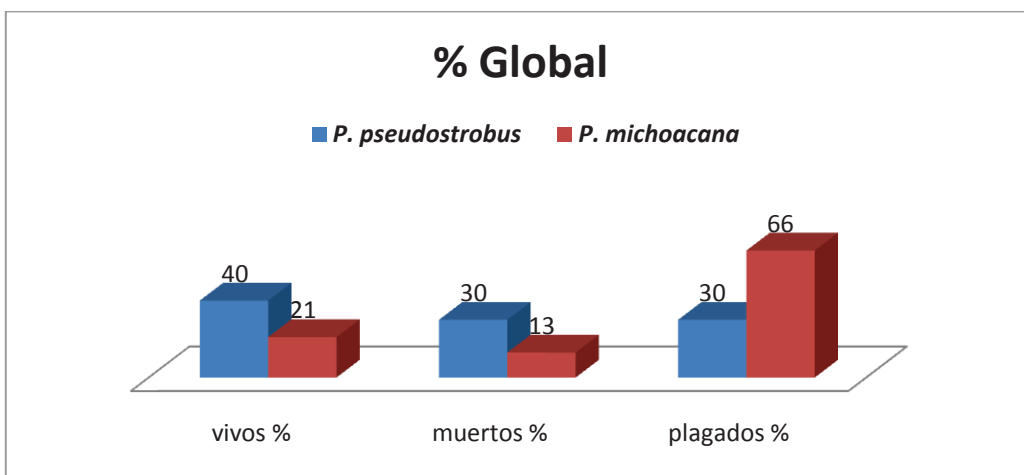
ARBOLES PLAGADOS								
CONCEPTO	tratamiento 1		tratamiento 2		tratamiento 3		tratamiento 4	
especie	M	p	m	p	m	p	M	P
<i>Cinara curvipes</i>	2	0	0	2	0	0	1	0
<i>Schistocerca</i>	34	16	68	2	63	4	15	0

En el cuadro 6, observamos el número de individuos atacados por plaga por especie de árbol y de insecto que los atacó, destacando que en los tratamientos 2 y 3 el número de individuos atacados de *Pinus michoacana* por *Schistoscerca Spp.*



**Fig. 28. Árboles plagados por tratamiento, especie e insecto.**

En la figura 28, podemos observar de color rojo los ataques de *Schistoscerca Spp.* los que se presentan tanto en los *Pinus michoacana* y *pseudostrobus* de forma constante, caso contrario de *Cinara curvipes* que se encuentra presente en menor intensidad.



**Fig. 29. Resultado global del establecimiento de la plantación por especie.**

En la figura 29, observamos que para el caso de *Pinus michoacana*, representada en color rojo el número de individuos plagados es mayor al de individuos sanos, manteniéndose con un nivel bajo la mortandad de los mismos, mientras que el *Pinus pseudostrobus*, tiene un mayor número de individuos vivos y sanos que plagados, aunque por otra parte es mayor el número de individuos muertos.

Los resultados obtenidos en este ensayo durante seis meses de establecida la plantación, consiste en la evaluación de *Pinus michoacana* en cuatro diferentes tratamientos en donde se evalúa la pendiente y la perturbación, así como su interacción para el establecimiento de las plantas.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable supervivencia de *Pinus michoacana* en los tratamientos.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>3</b>	<b>1.531</b>	<b>0.510</b>	<b>4.54</b>	<b>0.0047</b>
<b>pendiente</b>	<b>1</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>1.0000</b>
<b>Perturbación</b>	<b>1</b>	<b>1.531</b>	<b>1.531</b>	<b>13.62</b>	<b>0.0003</b>
<b>Pendiente*perturbación</b>	<b>1</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>1.0000</b>
<b>Error</b>	<b>124</b>	<b>13.937</b>	<b>0.112</b>		

En el análisis de varianza general para la supervivencia se encontraron diferencias significativas en cuanto a perturbación ( $P = 0.0003$ ) se refiere, en donde observamos que los sitios en donde se encontraba alto grado de perturbación se tuvo la mayor mortandad, caso contrario de los sitios con menor grado de perturbación en donde fue el menor número de casos de mortandad. Para el caso de la pendiente no tuvo inferencia en la supervivencia ya que no presenta diferencias significativas.

En cuanto a los tratamientos, observamos que existen diferencias significativas ( $P= 0.0047$ ), en donde los tratamientos con mayor grado de perturbación, presentan ocho individuos muertos por tratamiento, mientras que los tratamientos que presentan bajo grado de perturbación solo presentan un individuo muerto por tratamiento.

Al realizar la prueba de hipótesis por tratamiento obtuvimos los siguientes resultados:

**Cuadro 8. Prueba de hipótesis para la variable supervivencia de *Pinus michoacana* en los tratamientos.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>pendiente</b>	<b>1</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>0.0000</b>
<b>Perturbación</b>	<b>1</b>	<b>1.531</b>	<b>1.531</b>	<b>0.00</b>	<b>&lt;.0001</b>
<b>Pendiente*perturbación</b>	<b>1</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.00</b>	<b>1.0000</b>
<b>Error</b>	<b>124</b>	<b>13.937</b>	<b>0.112</b>		

En la prueba de hipótesis (Cuadro 8) para supervivencia observamos que la perturbación presenta diferencias altamente significativas ( $P = <.0001$ ), siendo el principal factor en el establecimiento de la plantación, así mismo podemos observar que la pendiente y la interacción de la pendiente y la perturbación no presentan diferencias significativas.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable sanidad de *Pinus michoacana* en los tratamientos.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>3</b>	<b>3.148</b>	<b>1.049</b>	<b>5.43</b>	<b>0.0015</b>
<b>pendiente</b>	<b>1</b>	<b>0.070</b>	<b>0.070</b>	<b>0.36</b>	<b>0.5475</b>
<b>Perturbación</b>	<b>1</b>	<b>1.757</b>	<b>1.757</b>	<b>9.09</b>	<b>0.0031</b>
<b>Pendiente*perturbación</b>	<b>1</b>	<b>1.320</b>	<b>1.320</b>	<b>6.83</b>	<b>0.0101</b>
<b>Error</b>	<b>124</b>	<b>23.968</b>	<b>0.193</b>		

Existen diferencias significativas para la variable sanidad en perturbación ( $P = 0.0031$ , Cuadro 9), ya que mientras mayor sea el grado de perturbación en el sitio mayor será el número de individuos atacados por plaga, mientras que menor sea el grado de perturbación, será menor el número de individuos atacados por plaga. El efecto de la pendiente no es significativo al no presentar diferencias, mientras que el efecto de la pendiente y la perturbación presentan diferencias significativas ( $P = 0.0101$ ).

En cuanto a los tratamientos existen diferencias significativas entre estos ( $P = 0.0015$ ), siendo los tratamientos en donde existe menor grado de perturbación donde mayor número de individuos libres de ataque de plaga existen, mientras que el mayor número de individuos atacados por plaga se encuentran en los tratamientos con mayor grado de perturbación.

**Cuadro 10. Prueba de hipótesis para la variable sanidad de *Pinus michoacana* en los tratamientos.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
pendiente	1	0.070	0.070	0.05	0.8556
Perturbación	1	1.757	1.757	1.33	0.4546
Pendiente*perturbación	1	1.320	1.320	6.83	0.0101
Error	124	23.968	0.193		

En la prueba de hipótesis (Cuadro 10) para sanidad observamos que el efecto de la pendiente ( $P = 0.8556$ ) y el efecto de la perturbación ( $P = 0.4546$ ), no presentan diferencias significativas, no siendo así el caso de la interacción de la pendiente y la perturbación ( $P = 0.0101$ ).

**Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable temperatura de suelo para el establecimiento de *Pinus michoacana* en los tratamientos.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	3	69.150	23.050	16.62	<.0001
pendiente	1	31.601	31.601	22.78	<.0001
Perturbación	1	37.411	37.411	26.97	<.0001
Pendiente*perturbación	1	0.137	0.137	0.10	0.7531
Error	124	171.999	1.387		

En el análisis general de varianza (Cuadro 11) para la variable de temperatura de suelo en donde se establecieron la plantas de *Pinus michoacana*, encontramos que tanto la pendiente ( $P = <.0001$ ), como la perturbación ( $P = <.0001$ ), presentan diferencias altamente significativas, caso contrario de la interacción entre estas dos en donde podemos observar que no presenta diferencias significativas ( $P = 0.7531$ ).

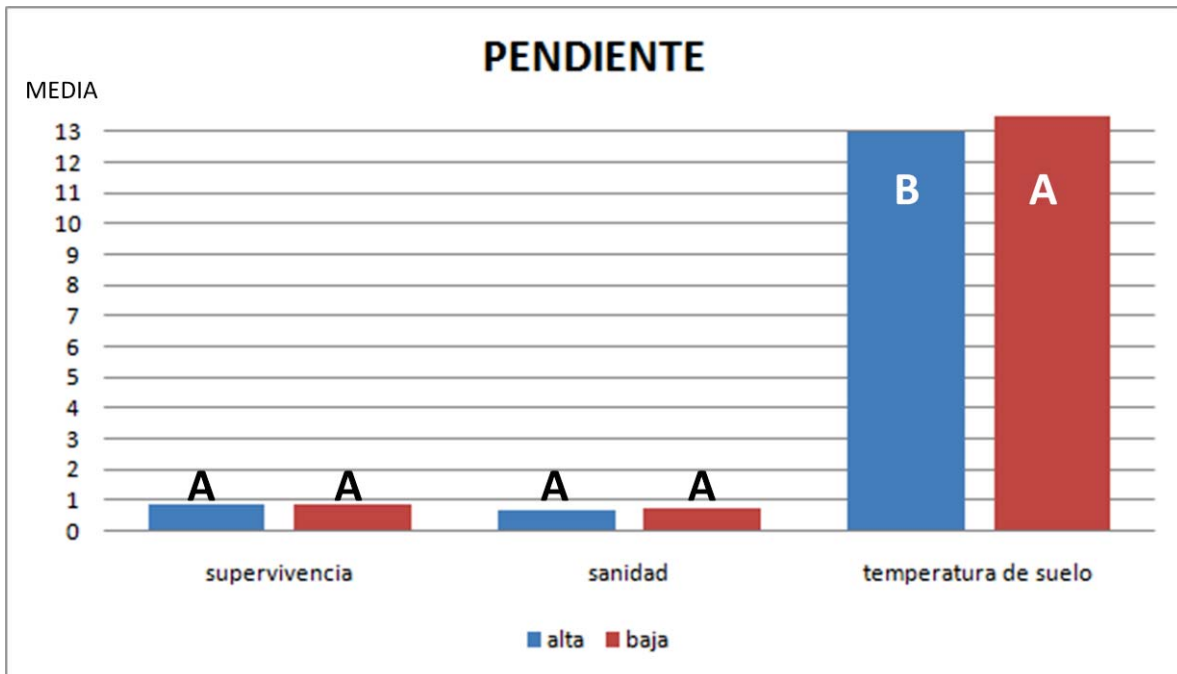
En cuanto a los tratamientos respecto a la variable de temperatura de suelo observamos que existen diferencias significativas ( $P = <.0001$ ) entre estos, ya que a mayor pendiente y mayor grado de perturbación se tendrá diferente exposición del sol.

**Cuadro 12. Prueba de hipótesis para la variable temperatura de suelo para el establecimiento de *Pinus michoacana* en los tratamientos.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>pendiente</b>	<b>1</b>	<b>31.601</b>	<b>31.601</b>	<b>229.31</b>	<b>0.0420</b>
<b>Perturbación</b>	<b>1</b>	<b>37.411</b>	<b>37.411</b>	<b>271.46</b>	<b>0.0386</b>
<b>Pendiente*perturbación</b>	<b>1</b>	<b>0.137</b>	<b>0.137</b>	<b>0.10</b>	<b>0.7531</b>
<b>Error</b>	<b>124</b>	<b>171.999</b>	<b>1.387</b>		

En la prueba de hipótesis efectuada a la variable temperatura de suelo, se presentan diferencias significativas para los factores de pendiente ( $P = 0.0420$ ) y perturbación ( $P = 0.0386$ ), mientras que para la interacción de éstas antes mencionadas no existen diferencias significativas (0.7531).

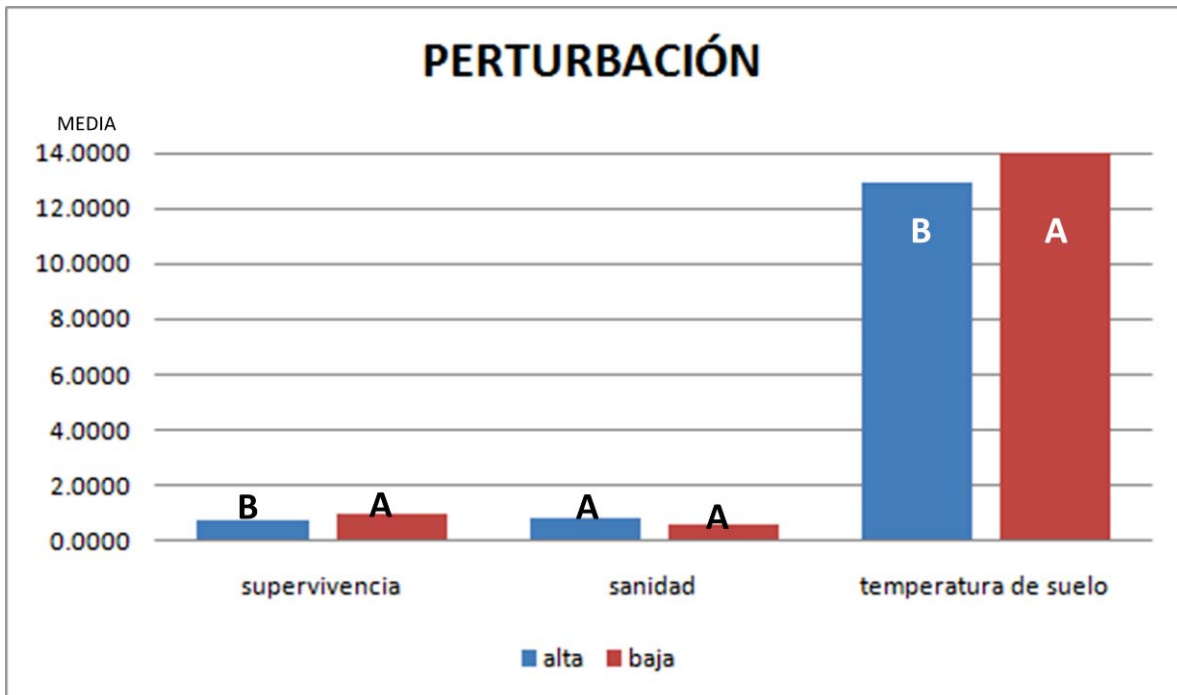
Posteriormente se realizó el análisis de comparación de medias mediante el estadístico de Tukey para las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo en el establecimiento de los 4 tratamientos, de acuerdo a los efectos de pendiente, perturbación y tratamiento.



**Fig. 30. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto de la pendiente, en las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo para el establecimiento de *P. michoacana*.**

**(Letras diferentes representan medias significativamente diferentes)**

En la figura 30, podemos observar que para la variable supervivencia, no existen diferencias significativas entre las pendientes suaves (A) y las pendientes fuertes (A). Para la variable sanidad observamos que no existen diferencias significativas al igual que para la variable supervivencia ni en las pendientes suaves (A), ni en las pendientes fuertes (A). En el caso de la variable temperatura de suelo si existen diferencias significativas en cuanto al efecto de la pendiente se refiere ya que la temperatura de suelo en las pendientes suaves (A) es en donde mejor se establece el *P. michoacana*, siendo las pendientes fuertes (B) una limitante para el efecto de la temperatura de suelo en el establecimiento de *P. pseudostrobus*.



**Fig. 31. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto de la perturbación, en las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo para el establecimiento de *P. michoacana*.**

**(Letras diferentes representan medias significativamente diferentes)**

En la figura 31, podemos observar que para la variable supervivencia, existen diferencias significativas entre los sitios con alto grado de perturbación (B) y los sitios con bajo grado de perturbación (A), donde los sitios con bajo grado de perturbación es donde menor incidencia de mortandad presentan las plantas de *P. michoacana*. Para la variable sanidad observamos que no existen diferencias significativas ni en los sitios con alto grado de perturbación (A), ni en los sitios con bajo grado de perturbación (A). En el caso de la variable temperatura de suelo si existen diferencias significativas en cuanto al efecto de la perturbación se refiere ya que la temperatura de suelo en los sitios con poca perturbación (A) es en donde mejor se establece el *P. michoacana*, siendo los sitios con alta perturbación (B) una limitante para el efecto de la temperatura de suelo en el establecimiento de *P. pseudostrobus*.

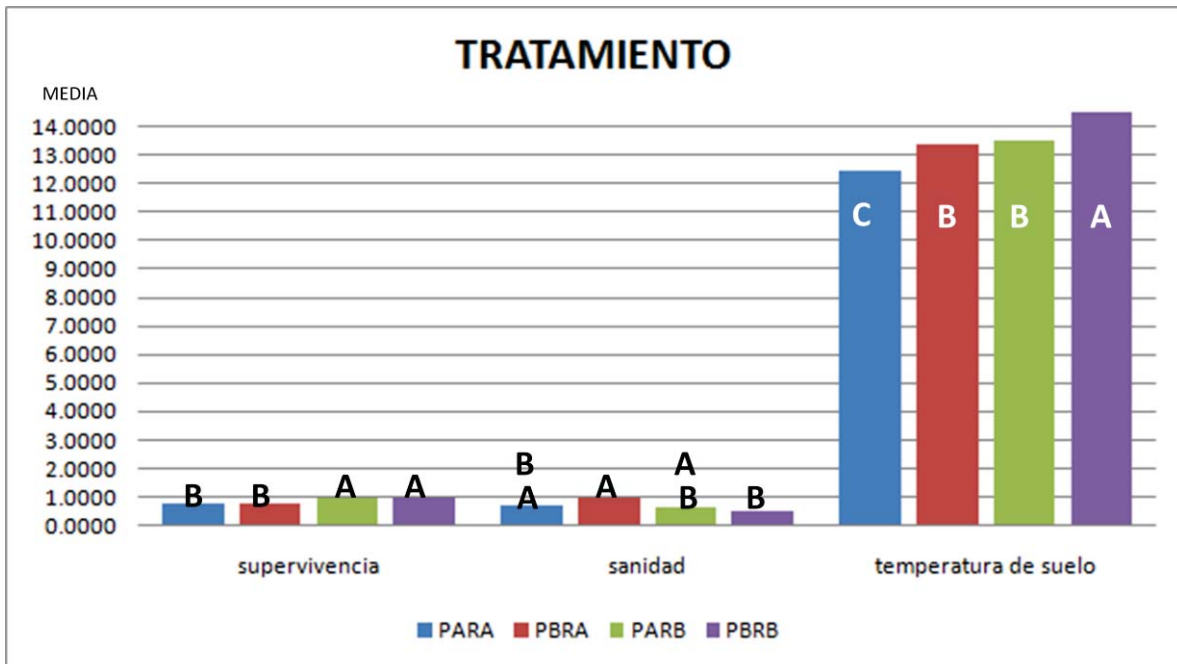


Fig. 32. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el efecto del tratamiento, en las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo para el establecimiento de *P. michoacana*.

(Letras diferentes representan medias significativamente diferentes)

En la figura 32 podemos observar que para el efecto de los tratamientos en la variable supervivencia existen diferencias significativas entre los tratamientos **PARA, PBRA (B) y PARB, PBRB (A)**, respectivamente. En cuanto a la variable sanidad de igual forma **PARA, PBRA (A) y PARB, PBRB (B)**, existen diferencias significativas entre estos. Para la temperatura de suelo el tratamiento **PARA (C)** presenta diferencias significativas, comparado con los otros tres tratamientos, mientras que los tratamientos **PBRA y PARB (B)**, no presentan diferencias significativas entre sí pero si presenta diferencias significativas ante los otros dos tratamientos y el tratamiento PBRB (A), existen diferencias significativas con los otros tres tratamientos, siendo el tratamiento en donde la pendiente es suave y la perturbación baja aquel en donde mejor se establece la planta de *P. michoacana*.

### 8.1 Resultados por especie.

Los resultados obtenidos por especie, consisten en la evaluación de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* en la plantación en donde se evalúa el establecimiento de ambas especies.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable supervivencia para la evaluación del establecimiento de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* en la plantación.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Especie	1	1.461	1.461	8.68	0.0037
Error	152	25.584	0.168		
total	153	27.054			

En el análisis de varianza (Cuadro 13) encontramos diferencias significativas en cuanto a la supervivencia en el establecimiento de ambas especies ( $P = 0.0037$ ). Siendo *Pinus michoacana* el que mayor supervivencia tuvo.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable sanidad para la evaluación del establecimiento de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* en la plantación.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Especie	1	0.785	0.785	3.95	0.0486
Error	152	30.207	0.198		
total	153	30.993			

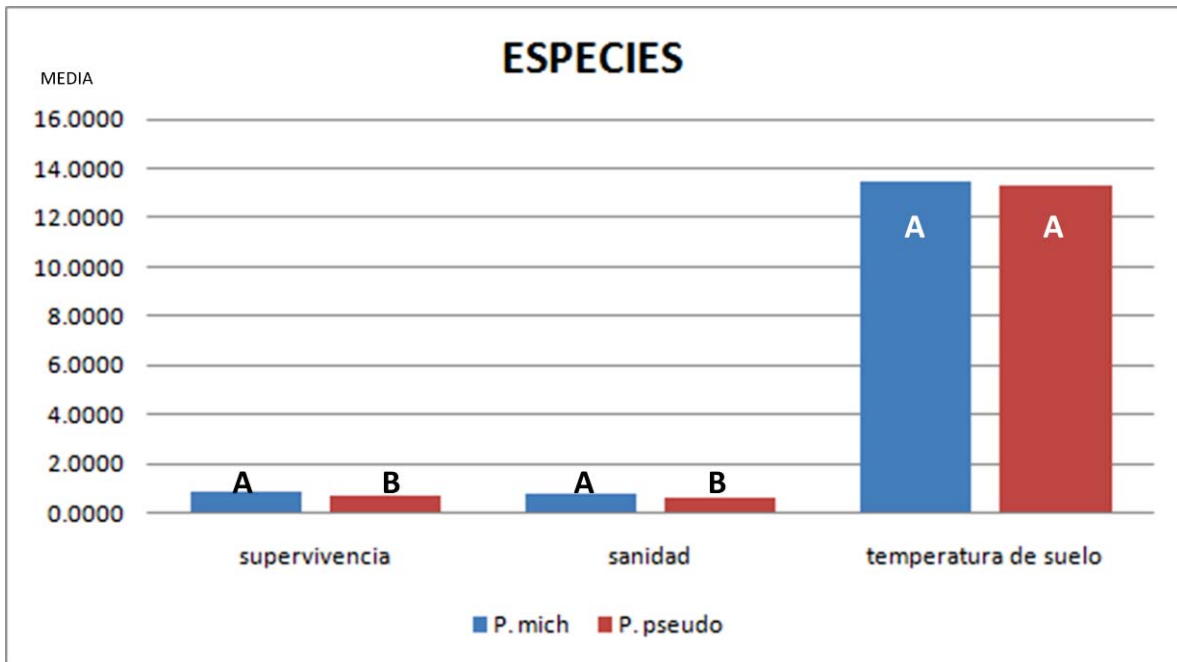
Para el caso de la variable sanidad, al realizar el análisis de varianza (Cuadro 14), encontramos diferencias significativas ( $P = 0.0486$ ), en donde la especie que menor número de individuos con ataque de plaga tuvo fue el *Pinus michoacana*.

**Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable temperatura de suelo para la evaluación del establecimiento de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* en la plantación.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Especie	1	1.272	1.272	0.51	0.4781
Error	152	382.517	2.516		
total	153	383.790			

Al realizar el análisis de varianza para la variable temperatura de suelo (Cuadro 15), encontramos que existen diferencias significativas ( $P = 0.4781$ ).

Posteriormente se realizó el análisis de comparación de medias mediante el estadístico de Tukey encontrando lo siguiente:



**Fig. 33. Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para la evaluación de las especies, con las variables de supervivencia, sanidad y temperatura de suelo.**

**(Letras diferentes representan medias significativamente diferentes)**

Como podemos observar en la figura 33, la variable supervivencia no presenta diferencias significativas entre las especies siendo el *P. michoacana* el que mejor se estableció. En cuanto a la sanidad podemos observar que al igual que en la supervivencia existen diferencias significativas entre las especies siendo el *P. michoacana* la especie que menor número de individuos atacados por plaga tuvo. En cuanto a la temperatura de suelo no existieron diferencias significativas entre ninguna de las dos especies.

Cuando finalizó la última evaluación de la plantación, se elaboró la base de datos digitalizada, con la aplicación del software Acces del paquete Office de Microsoft, en donde se tomaron en cuenta, los detalles de la plantación y la medición dasométrica, todo esto con la finalidad de poder ordenar y manejar de una forma sencilla todos los datos, así como brindar una herramienta para el monitoreo y seguimiento de plantaciones forestales.

Los detalles de la plantación contemplan factores de evaluación como son: bloques que se refieren al tratamiento o parcela, número de individuo, nombre científico del individuo, nombre común, fenología, distribución de la especie, tipos de suelo donde se establece, temperatura del suelo, precipitación media anual, usos de la madera, forma de propagación, manejo de la planta en vivero, transporte de la planta, observaciones generales del individuo evaluado, así como fotografías de las condiciones en el momento de la plantación.

En el caso de la medición dasométrica, se toma en cuenta el número de individuo, diámetro de cuello, altura total, área basal, volumen total del individuo, temperatura del suelo, observaciones sanitarias, vigor, observaciones generales y fecha de medición. (fig. 34)

Individuo	Fecha Muestreo	Diam. Cuello	Altura	Volume	Temp. Suelc	Obs. Sanitarias	Vigorosida
1001	31/10/2009	0.0100	0.05	0.000003927	12.2	10	VIVO
1001	05/12/2009	0.0100	0.05	0.000003927	12.2	10	VIVO
1001	18/01/2010	0.0100	0.05	0.000003927	12.2	10	VIVO

Fig. 34. Pantalla de salida del software del procesamiento de la base de datos.

En el caso de la figura 34, observamos la pantalla de salida al procesar los datos del individuo 1, de la parcela o tratamiento 1, así como los datos dasométricos y las fechas en que fueron tomados.

Los datos obtenidos y capturados de cada una de las mediciones nos permiten elaborar un resumen general con las aplicaciones del software, generando una pantalla de salida denominada “Detalles de Plantación” la cual nos permite visualizar cada uno de los datos técnicos y dasométricos de forma rápida y resumida para el uso y manejo de datos del presente proyecto. (fig.35)

Detalles de Plantación	
INVENTARIO	1001
BLOQUE	BLOQUE 1
NOMBRE CIENTIFICO	Pinus devoniana Lindley/michoacana
NOMBRE COMUN	Pino lacio
FENOLOGIA	Perennifolio
DENSIDAD	133 ARBOLES
OBSERVACIONES	Sano y con coloración verde intenso
LATITUD	19° 41' 57.5"
LONGITUD	101° 08' 8.8"
ALTITUD	2168.9
PRECIPITACION	695mm.
TEMPERATURA	12.2
SUELO	PEDREGOSIDAD

Fig. 35. Pantalla de salida de los “Detalles de Plantación” del software utilizado.

En la figura 35, se muestran los datos técnicos del individuo 1, de la parcela o tratamiento 1, donde destacamos las observaciones generales y su ubicación geográfica, así como las fotografías para observar su establecimiento y condiciones generales durante las mediciones.

## 9. Discusión

En base a los resultados obtenidos, podemos ver que la supervivencia de la planta es alta con el 83% total, dadas las condiciones, el 69% se encuentra plagado y solo el 31% se encuentra sano, los árboles plagados tienen una posibilidad alta de sobrevivir ya que se aplicó un tratamiento mediante un cerco sanitario de las plantas, y el producto utilizado (DIAZINON), respondió de forma positiva, concretando de forma global que para la especie *michoacana* existen el 21% de arboles vivos, el 13% de árboles muertos y el 66% de arboles plagados, mientras que para la especie *pseudostrobus* existe el 40% de arboles vivos, el 30% de árboles muertos y el 30% de arboles plagados. Se ha demostrado que las poblaciones de insectos en bosques en donde se presentan condiciones favorables para su reproducción aunado a la falta de predadores naturales llegan a incrementar sus poblaciones rápidamente, infestando hasta el 80% de los bosques en un corto periodo de tiempo (Ciesla, 1990). Con los resultados anteriormente mencionados de la reforestación, se considera una plantación con alto nivel de supervivencia a pesar de la pendiente fuerte que existe en el sitio, así como alta perturbación, caso contrario en un ensayo de *Pinus ponderosa* en donde se compara un sitio plano y una ladera, en donde en el sitio plano se registra una supervivencia del 3%, mientras que en las pendientes existió mayor supervivencia (Tejera y Davel 1999). En el caso de la plantación realizada en el Cerro del Punhuato las plantas no tuvieron limitaciones durante su establecimiento ni por el gradiente altitudinal, ni por la falta de suelo en las partes altas de la ladera del cerro en donde la pendiente era fuerte y pronunciada, contrario a lo que reporta Ortiz (2001), al examinar el potencial del establecimiento de tres especies del Bosque Mesófilo de Montaña *Fraxinus uhdei*, *Magnolia iltisiana* y *Quercus Salicifolia*, bajo el dosel de *Pinus douglasiana*, en donde las diferentes tendencias de mortandad de plántulas por el encontradas, sugieren que la supervivencia en la parte alta de la ladera es más limitada por la disponibilidad de agua y luz, que por las condiciones de nutrientes en el suelo. Podemos tomar a forma de explicación

de esta tendencia de resultados, el que las pendientes se encuentran menos expuestas a los rayos del sol por lo que existen temperaturas bajas (Ramírez y Rodríguez, 2004), caso de la plantación del Cerro Punhuato en donde la temperatura de suelo en donde se establecía la planta de *Pinus michoacana* y *Pinus pseudostrobus* la cual tuvo diferencias significativas, dependiendo directamente de los factores de la pendiente y la perturbación del sitio.

En el análisis de las plantas estudiadas por especie encontramos que el principal factor limitante es la perturbación existente en la zona en donde por las características dadas en estos sitios, los microorganismos llegan a sobrevivir largas temporadas, en donde la especie que mejor establecimiento presento es el *Pinus michoacana* ya que fue el que menor índice de mortandad presento, así como el menor número de individuos atacados por insectos, mientras que *Pinus pseudostrobus* presenta la menor supervivencia y mayor número de individuos con ataque de insectos, Arias, (1992) menciona que *Pinus pseudostrobus* plantado bajo buenas condiciones presento alta tasa de crecimiento.

Los resultados de las actividades de restauración ecológica de áreas deterioradas no son observables a corto plazo como hace mención Lara en 1998 citado por (Carrillo 2003), sino que puede requerir más de 20 años como mínimo debido a que es un proceso lento y complicado tal y como lo menciona Carrillo en 2003.

Se ha tenido poco éxito en las reforestaciones (Martinez 2001), debido a que no se ha logrado conjuntar los programas técnicos de reforestación con los grandes avances en la transformación y pérdida de cobertura vegetal original.

## 10. Conclusiones

La supervivencia depende directamente del grado de perturbación existente en el sitio, a mayor grado de perturbación menor índice de supervivencia, mientras que a menor grado de perturbación mayor índice de supervivencia

La sanidad por su parte dependerá de forma constante en el grado de perturbación así como de las condiciones climáticas del lugar ya que ambas especies requieren de condiciones específicas ambientales para poderse desarrollar, como lo es la humedad en el suelo y en el ambiente, siendo en las partes en donde existen mayor cantidad de perturbación en donde se establecen y desarrollan mejor los insectos.

La temperatura en el suelo es un factor que depende completamente de los grados de pendiente, así como del grado de perturbación existente en el sitio donde se establezca la planta, ya que dependiendo del tipo de exposición tendrá variabilidad la temperatura del suelo.

Para el caso de los *Schitoscercas*, chochos o saltamontes son especies que dadas las condiciones de perturbación y condiciones climáticas se establecen, desarrollan y se reproducen de una forma acelerada.

Para el caso de los *Cinara curvipes* será necesario localizar el origen de la plaga dado que esta plaga puede representar serios problemas para la vegetación arbórea a corto plazo.

Respecto a los diferentes grados de pendiente, las dos especies logran adaptarse a estas, favoreciendo a ambas diferentes grados de pendiente, cuando se logren establecer no representará un riesgo grave para el desarrollo de ambas especies.

La mejor especie en cuanto a supervivencia es *P. michoacana*; ya que es el que mejor índice de supervivencia presento, así como menor cantidad de individuos atacados por insectos.

Por su parte el *P. pseudostrobus* es la especie que menor índice de supervivencia presentó en los tratamientos, así como el que mayor número de individuos atacados por insecto presento .

En cuanto al ataque de *Cinara curvipes* Patch el *Pinus pseudostrobus* fue el más atacado y el *P michoacana* fue el más atacado por los *Schistocerca Spp.*

El efecto de la pendiente no es un factor limitante para el establecimiento de las especies más sin embargo si depende en cuanto a la temperatura de los tratamientos ya que la exposición es variable dependiendo el grado de inclinación que presente.

## 11. Recomendaciones

Para futuros proyectos de reforestación en el Área Natural Protegida Cerro del Punhuato podemos recomendar establecer *P. michoacana* ya que es la especie que mayor supervivencia tiene.

El porte y la edad de la planta de *Pinus michoacana* es un factor indispensable para futuros trabajos. Cuando está supere los 15 cm de altura, considerando que es una especie cespitosa y de preferencia esta debe ser producida en contenedores con una cantidad de sustrato suficiente para su establecimiento en campo, preferente los contenedores deben tener una capacidad de 5000 cm<sup>3</sup>, o 5 lts.

Es necesario realizar una investigación sanitaria, en donde se determinen las condiciones fitosanitarias generales del Área Natural, principalmente por la presencia de la especie *Cinara curvipes*, ya que no puede ser la única existente en el lugar y por la presencia de la especie *Schistocerca* a medida que se establezcan árboles de mayor edad y porte se evitarán de manera significativa la defoliación de los mismos.

La temperatura del suelo es un factor importante en la que debemos de poner atención ya que mientras más estable sea ésta tendremos mayores posibilidades de poder establecer vegetación en la zona, ya que con la ausencia de suelo este factor nos permite identificar zonas propicias para el establecimiento de vegetación.

En cuanto a la pendiente debemos de mencionar que para *P. michoacana* existen pocas limitaciones en cuanto a la pendiente para su desarrollo al igual que el *Pinus pseudostrobus*, siendo un factor fundamental en cuanto a la sanidad asociando pendientes pronunciadas con sitios perturbados.

De existir la posibilidad se recomienda la aplicación preventiva de algún insecticida ligeramente toxico, a la brevedad posible y antes de cualquier otro trabajo de reforestación, ya que de no realizar ningún trabajo fitosanitario se pueden tener problemas de consideración con la vegetación arbórea existente en el Área Natural Protegida “Cerro Punhuato”.

A medida que se vaya aumentando la cobertura vegetal, con especies arbóreas en la zona, se erradicará la presencia de *Schitoscercas Spp.* y así mismo se tendrá una mayor captación e infiltración de agua de lluvia al subsuelo.

## 12. Literatura citada.

Arias Rojo H. 1992. Evaluación de la reforestación sobre tepetates en la zona oriente de la Cuenca de México. *Tierra*. Vol. 10 número especial: Suelos volcánicos endurecidos. Colegio de posgraduados. Montecillo, Edo. de México. México. 10: 309-317pp.

Blanco, G. A. 2005. Efecto del esfuerzo de restauración de la vegetación nativa aledaña al volcán Parícutin, Michoacán, México. 24-43p.

Bowler, P. 2001. Largescale Salvage of Coastal Sage Scrub through Transplantation, Department of Ecology and Evolutionary Biology, university of California, Irvine, CA.

Cabeza, A. 2004. Plan Maestro para el Jardín Botánico Punhuato.

Camacho-Cruz, A., González-Espinosa M., Wolf J.H.D. y de Jong B.H.J. 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. *Canadian Journal of Botany* 78: 1309-1318.

Camacho G., N. 1996 Optimización de inventarios forestales para *Pinus hartwegii* Lindl. En el sur de Nuevo León. Tesis de Licenciatura Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

Carrillo, S. A., y P. S. Cisneros. 1995. Resumen de datos climatológicos en 4 estaciones de Michoacán. Revista Científica Biológicas No.3 Facultad de Biología U.M.S.N.H. Morelia, Michoacán, México.

Carrillo, A., 2003. Prueba de diferentes tratamientos de restauración ecológica en áreas deterioradas del cerro del Potosi, Galeana, Nuevo León, México. Tesis de maestria. Linares, Nuevo León, México

Chavez H., Y. y Aguilera H., N. 1990. Indices de propagación de incendios y su relación con la erosión de los terrenos forestales. Memorias del Primer Simposium Nacional “ Degradación del Suelo” Abril 1990.

Cibrián T. D., Méndez M. J.T., Campos B. R. 1995. Insectos Forestales de México. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 453pp.

CIESLA, W. M., 1991: Cypress aphid. A new threat to Africa's forests. *Unasyuva* (in press).

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2006. Pinus devoniana. [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/pronare/fichas%20Tecnicas/Pinus%20devoniana.pdf](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas%20Tecnicas/Pinus%20devoniana.pdf).

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2006. Pinus pseudostrobus. [http://www.conafor.gob.mx/programas\\_nacionales\\_forestales/pronare/fichas%20Tecnicas/Pinus%20pseudostrobus.pdf](http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/pronare/fichas%20Tecnicas/Pinus%20pseudostrobus.pdf).

CONGRESO FORESTAL MUNDIAL (CFM), 2009. Buenos Aires, Argentina, conclusiones generales.

De La Peña, D. M. 2007. Restauración ecológica en un bosque de Pino-Encino en Jalisco, México: sobrevivencia y crecimiento de plántulas. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. 79 pp.

De Steven, D. 1991a. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling emergence. *Ecology* 72: 1066-1075.

De Steven, D. 1991b. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology* 72: 1076-1088.

DOE, N°38, 2005, Decreto que declara Área Natural Protegida al sitio conocido como “Cerro del Punhuato” del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo, 26 de enero de 2005, 8p., Morelia, Mich.

DOE, N°41, 2005, Decreto que declara Área Natural Protegida al sitio conocido como “Ex Escuela Agrícola Denominada la Huerta” del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo, 31 de enero de 2005, 4p., Morelia, Mich.

DOE, N°41, 2005, Decreto que declara Área Natural Protegida al sitio conocido como “Manantial la Mintzita” del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo, 31 de enero de 2005, 8p., Morelia, Mich.

Domínguez C., P.A., J. J. Navar C. y J. A. Loera O. 2001. Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y Bosques*. Vol. 7 (1): 27-35

Eguiluz, T. 1978. Ensayo de integración de conocimientos sobre el género Pinus en México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 623p.

FAO. 2001. Sustainable agricultura and rural development in Latin American and the Caribbean. Regional document No 3.

Garduño-Monroy, V. H., E. Arreygue-Rocha, I. Israde-Alcántara., y G. M. Rodríguez-Torres. 2001. Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 1(18):37-54.

INEGI, 2001. Carta topográfica municipio de Morelia Escala 1:50000

Jiménez, P. J., Aguirre, C. O., Treviño, G.E., Jurado, Y. E. en prensa, (2002). Restauración y conservación ecológica de Pinus culminicola en un sistema multiclonal. Departamento de Silvicultura, Revista Científica, UANL.

León, CH. 1998. Evaluación climático-ambiental del espacio urbano de Morelia, periodo 1941 -1990. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. 134pp.

Madrigal- Sánchez, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 15:65-75.

Madrigal- Sánchez, X.y L. I. Guridi, 2002. Los árboles silvestres del Municipio de Morelia, Michoacán. México. *Ciencia Nicolaita* 33:29-58.

Manzini, F. and M. Martínez. (1999), "Choosing an energy future. The environmental impact of End-Use technologies", *Energy Policy*, 27 (7), pp. 401-414.

Martinez B., R., Nava C., Y. Ricker, M. y Siebe, Christina 2001. Evaluación del Crecimiento y Supervivencia de Diez Especies Nativas Multipropósito en Tres Tipos de Vegetación Secundaria en Tabasco. Congreso Mexicano de Botánica.

Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Botas, 2ª. México, D.F. 361p.

Masera, O. 1995. Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results. *Interciencia* 20(6): 388-395.

Mclever, J. and Starr, L. 2001. Restoration of degraded land in the interior Columbia River basin: passive vs active approaches. Forestry and Range Science Lab. Pacific Northwest Research Station, 1401. Forest Ecology and management 153 (2001) 15 – 28.

MOPT (Ministerio de Obras Publicas y Transportes), 1992. Guia para la elaboración de estudios del medio físico. Monografias de la Secretaria de Estado para las políticas del agua y del medio ambiente. Madrid España 478pp.

Ortiz A., C., Swaine, M. y Jardel P., E. (2001) Restauración de bosque mesofilo de montaña: plantaciones de especies arbóreas bajo el dosel de Pinus douglasiana en la Sierra de Manantlán.

Ramirez Contreras, A. y D. A. Rodriguez Trejo. 2004. Efecto de la calidad de la planta, exposición y microsítio en una plantación de Quercus rugosa. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 10 (1): 5-11. Universidad Autonoma de Chapingo, Chapingo, México.

Ramírez-Marcial, N., González-Espinosa M. y Williams-Linera G. 2001.

Anthropogenic disturbance and tree diversity in Montane Rain Forests in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology & Management* 154: 311-326.

Rzedowzky , G.C. de, J. Rzedowsky y colaboradores. 2001. Flora Fanerogámica del valle de México. 2ª. Ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán. 1406 pp.

Richard F. W. 2001. Burning Characteristics of needles from eight Pine species. *Forest Science*. 47 (3) pag. 390

Ríos Carrasco, E. de los; De Hoogh, R.; Nívar Cháidez, J. J. 1998. Ensayos de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, Vol. 14, Núm. 2, julio-diciembre.

SAS (Statistical Analysis System). 2003. Versión ) 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 943p.

SEMARNAT. 2000. "El sector forestal de México: Situación actual y perspectivas (1998). Sistema Nacional de Información Forestal. 30/05/01.

SEMARNAT, 2007, Protección, restauración y conservación de suelos forestales, manual de obras y prácticas, tercera edición, Zapopan, Jalisco, México.

Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (SER). 2004. The SER Primer for Ecological Restoration. <http://www.ser.org>.

Tejera, L. y M. Davel. 2004. Establecimiento de Pino Oregon en Patagonia. Ficha Técnica. Patagonia Forestal. 10 (2): 9-12.

Toro Vergara J. 2004. Alternativas Silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. Bosque (Valdivia), 25 (2): 101-113.

Vargas, G. U. 2006. Cambios del entorno ecológico de Valladolid-Morelia. Una perspectiva desde la historia ambiental. En: Tapia, E. C., y U. G. Vargas (Eds). 2006. El impacto del desarrollo urbano en los recursos naturales. CIDEM, UMSNH. 161 pp.

Vargas-Mendoza, M. C. y González-Espinosa M. 1992. Habitat heterogeneity and seed dispersal of *Opuntia streptacantha* (Cactaceae) in Nopaleras of Central Mexico. *Southwestern Naturalist* 37: 379-385.

Young, T.P., D.A. Petersen, y J.J. Clary. 2005. The ecology of restoration:  
historical links, emerging issues and unexplored realms. Ecology Letters 8:66-  
673.

## 13. ANEXOS

### ANEXO 1. Catastro de la poligonal del Área Natural Protegida “Cerro Punhuato”.

Esta Área Natural Protegida comprende el polígono georeferenciado en una proyección de zona UTM 14, de la carta de INEGI E 14 a 23.

Se considera como punto de origen del polígono al punto número uno, con coordenadas  $X=275684.873$ ,  $Y=2179782.322$  y de aquí con rumbo  $S 35^{\circ} 7' 33.63'' E$  y una distancia de 77.596 m. se llega al punto número dos, con coordenadas  $X=275729.52$ ,  $Y=2179718.857$  y de aquí con rumbo  $S 33^{\circ} 16' 26.85'' E$  y una distancia de 56.887 m. se llega al punto número tres ubicado en quiebre, con coordenadas  $X=275760.731$ ,  $Y=2179671.296$  y de aquí con rumbo  $S 64^{\circ} 37' 8.68'' W$  y una distancia de 61.806 m. se llega al punto número cuatro, con coordenadas  $X=275704.891$ ,  $Y=2179644.804$  y de aquí con rumbo  $S 85^{\circ} 28' 1.71'' W$  y una distancia de 40.946 m. se llega al punto número cinco (desde el punto número uno hasta este último colinda con terreno, propiedad del Sr. Nicolás Díaz); con coordenadas  $X=275664.073$ ,  $Y=2179641.568$  y de aquí con rumbo  $S 4^{\circ} 44' 9.87'' E$  y una distancia de 83.884 m. se llega al punto número seis, con coordenadas  $X=275670.999$ ,  $Y=2179557.97$  y de aquí con rumbo  $S 1^{\circ} 28' 4.39'' W$  y una distancia de 46.532 m. se llega al punto número siete (del punto 6 al 7 colinda con camino que conduce a donde se ubica una antena de radio y televisión); con coordenadas  $X=275669.807$ ,  $Y=2179511.453$  y de aquí con rumbo  $S 1^{\circ} 42' 50.12'' W$  y una distancia de 44.535 m. se llega al punto número ocho ubicado en quiebre, con coordenadas  $X=275668.475$ ,  $Y=2179466.938$  y de aquí con rumbo  $S 57^{\circ} 56' 20.67'' W$  y una distancia de 63.86 m. se llega al punto número nueve, con coordenadas  $X=275614.355$ ,  $Y=2179433.04$  y de aquí con rumbo  $S 61^{\circ} 28' 16.69'' W$  y una distancia de 47.873 m. se llega al punto número diez, con coordenadas  $X=275572.295$ ,  $Y=2179410.176$  y de aquí con rumbo  $S 66^{\circ} 19' 38.62'' W$  y una distancia de 57.376 m. se llega al punto número once (desde el punto número cinco hasta este último colinda con terreno propiedad del Sr. José Laris Rodríguez, delimitado con malla ciclónica), con coordenadas  $X=275519.747$ ,  $Y=2179387.139$  y de aquí con rumbo  $S 65^{\circ} 25' 5.66'' W$  y una distancia de 2.959 m. se llega al punto número doce ubicado en orilla de escurrimiento pluvial, con coordenadas  $X=275517.056$ ,  $Y=2179385.908$  y de aquí con rumbo  $S 20^{\circ} 53' 8.89'' W$  y una distancia de 8.216 m. se llega al punto número trece también ubicado en orilla de escurrimiento; con coordenadas  $X=275514.127$ ,  $Y=2179378.232$  y de aquí con rumbo  $S 12^{\circ} 20' 32.07'' E$  y una distancia de 28.847 m. se llega al punto número catorce, con coordenadas  $X=275520.293$ ,  $Y=2179350.052$  y de aquí con rumbo  $S 16^{\circ} 19' 51.49'' E$  y una distancia de 9.716 m. se llega al punto número quince, con coordenadas  $X=275523.025$ ,  $Y=2179340.728$  y de aquí con rumbo  $S 16^{\circ} 5' 7.69'' E$  y una distancia de 12.473 m. se llega al punto número dieciséis, con coordenadas  $X=275526.481$ ,  $Y=2179328.743$  y de aquí con rumbo  $S 17^{\circ} 56' 42.61'' E$  y una distancia de 32.813 m. se llega al punto número diecisiete, con coordenadas  $X=275536.591$ ,  $Y=2179297.526$  y de aquí con rumbo  $S 24^{\circ} 11' 26.99'' E$  y una distancia de 3.185 m. se llega al punto número dieciocho, con coordenadas  $X=275537.896$ ,  $Y=2179294.621$  y de aquí con rumbo  $S 28^{\circ} 26' 58.36'' E$  y una distancia de 3.808 m. se llega al punto número diecinueve, con coordenadas  $X=275539.71$ ,  $Y=2179291.273$  y de aquí con rumbo  $S 31^{\circ} 3' 36.33'' E$  y una distancia de 6.528 m. se llega al punto número veinte, con coordenadas  $X=275543.078$ ,  $Y=2179285.681$  y de aquí con rumbo  $S 34^{\circ} 50' 42.27'' E$  y una distancia de 18.974 m. se llega al punto número veintiuno, con coordenadas  $X=275553.919$ ,  $Y=2179270.109$  y de aquí con rumbo  $S 39^{\circ} 42' 12.97'' E$  y una distancia de 48.49 m. se llega al punto número veintidós, con coordenadas  $X=275584.895$ ,  $Y=2179232.803$  y de aquí con rumbo  $S 21^{\circ} 17' 11.99'' E$  y una distancia de 18.789 m. se llega al punto número veintitrés, con coordenadas  $X=275591.716$ ,  $Y=2179215.296$  y de aquí con rumbo  $S 23^{\circ} 27' 56.13'' E$  y una distancia de 124.29 m.

Se llega al punto número veinticuatro (desde el punto número once hasta este último colinda con terreno de varios asentamientos humanos irregulares, delimitados por barda de tabique); con coordenadas X=275641.208, Y=2179101.285 y de aquí con rumbo S 27° 27' 39.25" E y una distancia de 100.999 m. se llega al punto número veinticinco, con coordenadas X=275687.783, Y=2179011.666, y de aquí con rumbo S 18° 2' 3.59" E y una distancia de 56.217 m. se llega al punto número veintiséis, con coordenadas X=275705.187, Y=2178958.211 y de aquí con rumbo S 15° 32' 28.64" E y una distancia de 123.286 m. se llega al punto número veintisiete ubicado en orilla del camino que conduce al Fraccionamiento Tres Marías, con coordenadas X=275738.22, Y=2178839.433 y de aquí con rumbo S 27° 56' 39.03" E y una distancia de 32.849 m. se llega al punto número veintiocho ubicado también en orilla del camino al Fraccionamiento Tres Marías; con coordenadas X=275753.613, Y=2178810.413 y de aquí con rumbo S 20° 16' 30.22" E y una distancia de 16.419 m. se llega al punto número veintinueve ubicado en quiebre ( del punto 24 al 29 se delimita el terreno con una cerca de púas), con coordenadas X=275759.303, Y=2178795.012 y de aquí con rumbo N 74° 36' 11.92" E y una distancia de 21.012 m. se llega al punto número treinta, con coordenadas X=275779.561, Y=2178800.59 y de aquí con rumbo N 80° 40' 26.54" E y una distancia de 13.885 m. se llega al punto número treinta y uno, con coordenadas X=275793.262, Y=2178802.84 y de aquí con rumbo N 76° 35' 24.50" E, y una distancia de 90.649 m. se llega al punto número treinta y dos, con coordenadas X=275881.44, Y=2178823.863 y de aquí con rumbo N 68° 55' 3.32" E y una distancia de 152.081 m. se llega al punto número treinta y tres, con coordenadas X=276023.341, Y=2178878.568 y de aquí con rumbo N 70° 7' 47.88" E y una distancia de 6.061 m. se llega al punto número treinta y cuatro, con coordenadas X=276029.041, Y=2178880.628 y de aquí con rumbo N 74° 7' 8.59" E y una distancia de 78.275 m. se llega al punto número treinta y cinco, con coordenadas X=276104.328, Y=2178902.047 y de aquí con rumbo N 72° 30' 49.05" E y una distancia de 31.403 m. se llega al punto número treinta y seis, con coordenadas X=276134.28, Y=2178911.483 y de aquí con rumbo N 72° 23' 51.70" E y una distancia de 60.256 m. se llega al punto número treinta y siete, con coordenadas X=276191.715, Y=2178929.705 y de aquí con rumbo N 70° 51' 57.41" E y una distancia de 29.727 m. se llega al punto número treinta y ocho, con coordenadas X=276219.80, Y=2178939.449 y de aquí con rumbo N 72° 40' 19.14" E y una distancia de 32.591 m. se llega al punto número treinta y nueve, con coordenadas X=276250.912, Y=2178949.156 y de aquí con rumbo N 73° 30' 23.68" E y una distancia de 15.812 m. se llega al punto número cuarenta, con coordenadas X=276266.073, Y=2178953.645 y de aquí con rumbo N 71° 25' 50.28" E y una distancia de 32.215 m. se llega al punto número cuarenta y uno ubicado en quiebre, con coordenadas X=276296.611, Y=2178963.904 y de aquí con rumbo N 34° 20' 53.47" E y una distancia de 9.441 m. se llega al punto número cuarenta y dos (desde el punto número veinticuatro hasta este último, colinda con terreno propiedad de la Sra. Mercedes Zamudio Villanueva; delimitado desde el punto número veintinueve hasta el cuarenta y dos mediante cerca de piedra); con coordenadas X=276301.938, Y=2178971.699 y de aquí con rumbo N 53° 54' 14.57" E y una distancia de 6.204 m. se llega al punto número cuarenta y tres, con coordenadas X=276306.951, Y=2178975.354 y de aquí con rumbo N 15° 56' 43.88" E y una distancia de 62.35 m. se llega al punto número cuarenta y cuatro, con coordenadas X=276324.08, Y=2179035.305 y de aquí con rumbo N 12° 51' 57.75" E y una distancia de 38.478 m. se llega al punto número cuarenta y cinco, con coordenadas X=276332.648, Y=2179072.817 y de aquí con rumbo N 12° 41' 45.76" E y una distancia de 190.783 m. se llega al punto número cuarenta y seis, con coordenadas X=276374.578, Y=2179258.935 y de aquí con rumbo N 25° 1' 33.81" E y una distancia de 9.441 m. se llega al punto número cuarenta y siete, con coordenadas X=276378.572, Y=2179267.49 y de aquí con rumbo N 18° 25' 39.01" E y una distancia de 17.032 m. se llega al punto número cuarenta y ocho, con coordenadas X=276383.956, Y=2179283.649 y de aquí con rumbo N 43° 8' 10.02" E y una distancia de 6.261 m. se llega al punto número cuarenta y nueve ubicado en quiebre, con coordenadas X=276388.237, Y=2179288.218 y de aquí con rumbo N 55° 36' 34.10" E y una distancia de 48.392 m. se llega al punto número cincuenta, con coordenadas X=276428.17, Y=2179315.551 y de aquí con rumbo N 43° 48' 24.62" E y una distancia de 28.219 m. se llega al punto número cincuenta y uno, ubicado en quiebre, con coordenadas X=276447.704, Y=2179335.916 y de aquí con rumbo N 10° 30' 15.09" E y una distancia de 11.98 m. se llega al punto número cincuenta y dos, con coordenadas X=276449.888, Y=2179347.695 y de aquí con rumbo N 32° 3' 50.55" E y una distancia de 26.713 m.

Se llega al punto número cincuenta y tres, con coordenadas X=276464.069, Y=2179370.333 y de aquí con rumbo N 25° 39' 1.60" E y una distancia de 17.511 m. se llega al punto número cincuenta y cuatro, con coordenadas X=276471.649, Y=2179386.118 y de aquí con rumbo N 25° 10' 16.05" E y una distancia de 19.009 m. se llega al punto número cincuenta y cinco, con coordenadas X=276479.734, Y=2179403.322 y de aquí con rumbo N 24° 51' 49.15" E y una distancia de 29.839 m. se llega al punto número cincuenta y seis, con coordenadas X=276492.28, Y=2179430.395 y de aquí con rumbo N 24° 42' 41.17" E y una distancia de 5.779 m. se llega al punto número cincuenta y siete, ubicado en quiebre, con coordenadas X=276494.696, Y=2179435.645 y de aquí con rumbo N 57° 11' 38.15" E y una distancia de 131.448 m. se llega al punto número cincuenta y ocho, con coordenadas X=276605.179, Y=2179506.863 y de aquí con rumbo N 65° 13' 14.84" E y una distancia de 87.523 m. se llega al punto número cincuenta y nueve ubicado en quiebre, con coordenadas X=276684.644, Y=2179543.546 y de aquí con rumbo N 2° 10' 50.47" W y una distancia de 21.708 m. se llega al punto número sesenta, con coordenadas X=276683.818, Y=2179565.238 y de aquí con rumbo N 20° 28' 55.28" E y una distancia de 19.025 m. se llega al punto número sesenta y uno, con coordenadas X=276690.475, Y=2179583.06 y de aquí con rumbo N 17° 13' 21.80" E y una distancia de 9.97 m. se llega al punto número sesenta y dos, con coordenadas X=276693.427, Y=2179592.583 y de aquí con rumbo N 18° 48' 12.91" E y una distancia de 27.131 m. se llega al punto número sesenta y tres, con coordenadas X=276702.172, Y=2179618.266 y de aquí con rumbo N 16° 19' 12.08" E y una distancia de 45.21 m. se llega al punto número sesenta y cuatro, con coordenadas X=276714.876, Y=2179661.654 y de aquí con rumbo N 27° 50' 40.83" E y una distancia de 27.976 m. se llega al punto número sesenta y cinco, con coordenadas X=276727.943, Y=2179686.391 y de aquí con rumbo N 30° 55' 56.99" E y una distancia de 23.89 m. se llega al punto número sesenta y seis, con coordenadas X=276740.223, Y=2179706.883 y de aquí con rumbo N 31° 20' 49.70" E y una distancia de 60.103 m. se llega al punto número sesenta y siete ubicado en quiebre, con coordenadas X=276771.49, Y=2179758.213 y de aquí con rumbo N 1° 22' 52.36" W y una distancia de 29.746 m. se llega al punto número sesenta y ocho ubicado en quiebre, con coordenadas X=276770.773, Y=2179787.95 y de aquí con rumbo N 29° 2' 51.51" W y una distancia de 29.58 m. se llega al punto número sesenta y nueve, con coordenadas X=276756.411, Y=2179813.809, de aquí con rumbo N 32° 12' 36.64" W y una distancia de 22.627 m. se llega al punto número setenta, con coordenadas X=276744.35, Y=2179832.954 y de aquí con rumbo N 34° 45' 35.48" W y una distancia de 37.524 m. se llega al punto número setenta y uno, con coordenadas X=276722.956, Y=2179863.782 y de aquí con rumbo N 23° 25' 41.76" W y una distancia de 16.411 m. se llega al punto número setenta y dos, con coordenadas X=276716.431, Y=2179878.84 y de aquí con rumbo N 16° 39' 26.48" W y una distancia de 12.315 m. se llega al punto número setenta y tres, con coordenadas X=276712.901, Y=2179890.638 y de aquí con rumbo N 20° 6' 43.34" W y una distancia de 22.021 m. se llega al punto número setenta y cuatro, ubicado en orilla de arroyo, (del punto número cuarenta y dos hasta este último colinda con el Fraccionamiento Tres Marías, delimitado con cerca de piedra) con rumbo N 37° 38' 8.15" W y una distancia de 11.105 m. se llega al punto número setenta y cinco, ubicado en orilla de arroyo, con coordenadas X=276698.548, Y=2179920.11 y de aquí con rumbo S 57° 39' 17.11" W y una distancia de 340.014 m. se llega al punto número setenta y seis, ubicado en quiebre, con coordenadas X=276411.291, Y=2179738.196 y de aquí con rumbo S 77° 8' 56.49" W y una distancia de 24.576 m. se llega al punto número setenta y siete, con coordenadas X=276387.331, Y=2179732.73 y de aquí con rumbo N 71° 55' 29.44" W y una distancia de 30.567 m. se llega al punto número setenta y ocho, con coordenadas X=276358.272, Y=2179742.214 y de aquí con rumbo N 16° 6' 40.38" W y una distancia de 48.73 m. se llega al punto número setenta y nueve, con coordenadas X=276315.606, Y=2179765.756 y de aquí con rumbo N 75° 2' 35.94" W y una distancia de 69.24 m. se llega al punto número ochenta, con coordenadas X=276248.712, Y=2179783.626 y de aquí con rumbo N 72° 58' 41.32" W y una distancia de 19.325 m. se llega al punto número ochenta y uno, con coordenadas X=276230.234, Y=2179789.283 y de aquí con rumbo N 72° 14' 47.09" W y una distancia de 20.077 m. se llega al punto número ochenta y dos, con coordenadas X=276211.113, Y=2179795.405 y de aquí con rumbo N 63° 49' 21.69" W y una distancia de 16.851 m. se llega al punto número ochenta y tres, con coordenadas X=276195.99, Y=2179802.839 y de aquí con rumbo N 48° 26' 6.87" W y una distancia de 40.677 m. se llega al punto número ochenta y cuatro ubicado en quiebre, con coordenadas X=276165.555, Y=2179829.827 y de aquí con rumbo S 80° 26' 59.67" W y una distancia de 11.591 m.

Se llega al punto número ochenta y cinco, con coordenadas  $X=276154.125$ ,  $Y=2179827.904$  y de aquí con rumbo  $S 80^{\circ} 3' 49.22'' W$  y una distancia de 20.15 m. se llega al punto número ochenta y seis, con coordenadas  $X=276134.277$ ,  $Y=2179824.427$  y de aquí con rumbo  $S 60^{\circ} 59' 33.77'' W$  y una distancia de 10.82 m. se llega al punto número ochenta y siete, con coordenadas  $X=276124.814$ ,  $Y=2179819.18$  y de aquí con rumbo  $S 74^{\circ} 31' 27.78'' W$  y una distancia de 13.218 m. se llega al punto número ochenta y ocho, con coordenadas  $X=276112.075$ ,  $Y=2179815.653$  y de aquí con rumbo  $N 83^{\circ} 56' 29.09'' W$  y una distancia de 23.772 m. se llega al punto número ochenta y nueve, con coordenadas  $X=276088.436$ ,  $Y=2179818.162$  y de aquí con rumbo  $S 88^{\circ} 39' 21.46'' W$  y una distancia de 40.459 m. se llega al punto número noventa, ubicado en quiebre, con coordenadas  $X=276047.988$ ,  $Y=2179817.213$  y de aquí con rumbo  $S 49^{\circ} 0' 45.94'' W$  y una distancia de 11.529 m. se llega al punto número noventa y uno, con coordenadas  $X=276039.285$ ,  $Y=2179809.651$  y de aquí con rumbo  $S 17^{\circ} 2' 42.63'' W$  y una distancia de 16.102 m. se llega al punto número noventa y dos, ubicado en quiebre, con coordenadas  $X=276034.565$ ,  $Y=2179794.256$  y de aquí con rumbo  $S 49^{\circ} 14' 33.14'' W$  y una distancia de 8.038 m. se llega al punto número noventa y tres, con coordenadas  $X=276028.476$ ,  $Y=2179789.008$  y de aquí con rumbo  $S 74^{\circ} 3' 27.10'' W$  y una distancia de 67.328 m. se llega al punto número noventa y cuatro ubicada en quiebre, con coordenadas  $X=275963.738$ ,  $Y=2179770.515$  y de aquí con rumbo  $N 69^{\circ} 6' 21.55'' W$  y una distancia de 22.303 m. se llega al punto número noventa y cinco, con coordenadas  $X=275942.902$ ,  $Y=2179778.469$  y de aquí con rumbo  $N 53^{\circ} 28' 26.74'' W$  y una distancia de 27.749 m. se llega al punto número noventa y seis, con coordenadas  $X=275920.603$ ,  $Y=2179794.985$  y de aquí con rumbo  $N 65^{\circ} 42' 27.61'' W$  y una distancia de 28.396 m. se llega al punto número noventa y siete, con coordenadas  $X=275894.721$ ,  $Y=2179806.667$  y de aquí con rumbo  $S 88^{\circ} 53' 14.61'' W$  y una distancia de 18.592 m. se llega al punto número noventa y ocho, con coordenadas  $X=275876.133$ ,  $Y=2179806.306$  y de aquí con rumbo  $N 17^{\circ} 23' 55.41'' W$  y una distancia de 4.511 m. se llega al punto número noventa y nueve, con coordenadas  $X=275874.784$ ,  $Y=2179810.611$  y de aquí con rumbo  $N 40^{\circ} 23' 11.79'' W$  y una distancia de 33.029 m. se llega al punto número cien (desde el punto número setenta y cinco hasta este último colinda con pequeñas propiedades de la fracción I de ex hacienda del Rincón delimitado por medio de cerca de alambre de púas y a la margen del arroyo); con coordenadas  $X=275853.383$ ,  $Y=2179835.769$  y de aquí con rumbo  $S 55^{\circ} 58' 1.52'' W$  y una distancia de 2.364 m. se llega al punto número ciento uno, con coordenadas  $X=275851.424$ ,  $Y=2179834.446$  y de aquí con rumbo  $S 67^{\circ} 46' 39.00'' W$  y una distancia de 16.904 m. se llega al punto número ciento dos, con coordenadas  $X=275835.776$ ,  $Y=2179828.053$  y de aquí con rumbo  $S 71^{\circ} 6' 51.03'' W$  y una distancia de 10.85 m. se llega al punto número ciento tres, con coordenadas  $X=275825.51$ ,  $Y=2179824.541$  y de aquí con rumbo  $S 74^{\circ} 26' 21.76'' W$  y una distancia de 25.20 m. se llega al punto número ciento cuatro, con coordenadas  $X=275801.234$ ,  $Y=2179817.781$  (del punto número cien hasta este último atraviesa arroyo), y de aquí con rumbo  $S 71^{\circ} 58' 17.88'' W$  y una distancia de 30.615 m. se llega al punto número ciento cinco, con coordenadas  $X=275772.122$ ,  $Y=2179808.306$  y de aquí con rumbo  $S 85^{\circ} 53' 6.73'' W$  y una distancia de 37.071 m. se llega al punto número ciento seis, con coordenadas  $X=275735.147$ ,  $Y=2179805.646$  y de aquí con rumbo  $S 74^{\circ} 40' 20.34'' W$  y una distancia de 35.803 m. se llega al punto número ciento siete, con coordenadas  $X=275700.618$ ,  $Y=2179796.182$  y de aquí con rumbo  $S 48^{\circ} 38' 35.52'' W$  y una distancia de 20.976 m. se llega al punto número uno considerado como origen del polígono, el cual cuenta con una superficie total de 78.86 ha.

## Anexo 2. Ficha técnica del Insecticida Diazinon dragon 25E

DIAZINON 25 E

[ver otro producto](#)

**DIAZINON<sup>®</sup>**  
**DRAGON**  
Diazinón



DIAZINON .... 25% (Tolerancias)

Insecticida organofos-forado formulado como concentrado emulsionable. Actúa por contacto e ingestión

**Presentaciones:** Botella de 950 ml, Botella de 240 ml, Garrafa de 5 Litros, Botella de 100 ml



Hoja de seguridad



Hoja de transporte



Registro



Folleto

Cultivo	Nombre científico	Nombres comunes	Dosis	ISD	Observaciones
ALFALFA	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	Pulgón del chicharo	1.0-1.5 L/Ha	7 días	
ALFALFA	<i>Aceratagallia curvata</i>	Chicharrita de la alfalfa	1.0-1.5 L/Ha	7 días	
ALFALFA	<i>Frankliniella spp.</i>	Trips	1.0-1.5 L/Ha	7 días	
ALFALFA	<i>Therioaphis maculata</i>	Pulgón manchado de la alfalfa	1.0-1.5 L/Ha	7 días	
ALGODONERO	<i>Frankliniella spp.</i>	Trips	1.5-3.0 L/Ha	14 días	

**ANEXO 3. Fotografías del trabajo en campo.**







**2009**

**MANUAL TÉCNICO DE FORESTACIÓN REALIZADA  
EN EL AN'P CERRO DEL PUNHUATO**



**Marcial Reyes Cázarez**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA

05/09/2009

## **DIRECTORIO**

### **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO**

#### **DRA. SILVIA FIGUEROA ZAMUDIO.**

Rectora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

### **FACULTAD DE INGENIERIA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA**

#### **DR. JOSE CRUZ DE LEÓN.**

Director de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

#### **M.C. ABRIL MUNRO ROJAS.**

Secretaria Académica de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

#### **M.C. ROBERTO CALDERON MUÑOZ.**

Secretario Administrativo de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.

#### **M.C. MARCO ANTONIO HERRERA FERREYRA.**

Jefe de la División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la madera.

### **SECRETARIA DE URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE**

#### **M.C. CATALINA ROSAS MONGE.**

Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente.

#### **M.C. NEYRA SOSA GUTIÉRREZ.**

Directora de Ordenamiento y Patrimonio Natural.

#### **C. a DR. JOSÉ ARNULFO BLANCO GÁRCIA.**

Director del Área Natural Protegida Cerro Punhuato.

### **ASESORIA**

#### **DR. JOSÉ CRUZ DE LEÓN**

Director del Proyecto de Tesis

#### **M.C. ARTURO CARRILLO SANCHEZ**

Codirector del Proyecto de Tesis

#### **M.C. XAVIER MADRIGAL SANCHEZ**

Asesor del Proyecto de Tesis

### **AUTOR**

#### **ING. MARCIAL REYES CÁZAREZ**

Alumno de la División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera.



MANUAL TÉCNICO DEL PROYECTO EXPERIMENTAL DE FORESTACIÓN EN EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “**CERRO DEL PUNHUATO**” EN MORELIA MICHOACÁN A CARGO DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA MADERA DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO.

**Morelia, Michoacán, Septiembre 2009**

	<b>PAG</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS, CUADROS Y FIGURAS.</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>PLANEACIÓN DE LA PLANTACIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS DE LA PLANTACIÓN.</b>	<b>4</b>
- OBJETIVO GENERAL.	<b>4</b>
- OBJETIVOS ESPECIFICOS.	<b>4</b>
<b>CAPITULO 1.- LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AN'P CERRO PUNHUATO.</b>	<b>5</b>
1.1 LOCALIZACIÓN.	<b>5</b>
1.2 CARACTERIZACIÓN.	<b>5</b>
<b>CAPITULO 2. SOLICITUD Y TRÁMITES.</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO 3. CONDICIONANTES PARA EL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA FORESTACIÓN POR PARTE DE LA SECRETARIA. (SUMA).</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO 4. SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN, UBICACIÓN Y REGISTROS CLIMATOLÓGICOS DEL SITIO EXPERIMENTAL.</b>	<b>8</b>
4.1 SELECCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.	<b>8</b>
4.2 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.	<b>8</b>
4.3 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.	<b>9</b>
4.4 REGISTROS CLIMÁTICOS DEL SITIO.	<b>10</b>
<b>CAPITULO 5. SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LA ESPECIE A UTILIZAR PARA FORESTAR.</b>	<b>13</b>
5.1 SELECCIÓN DE LA ESPECIE A UTILIZAR PARA FORESTAR.	<b>13</b>
5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES PROPUESTAS PARA FORESTAR.	<b>13</b>
5.3 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LAS ESPECIES PROPUESTAS PARA REFORESTAR.	<b>14</b>
<b>CAPITULO 6. PRODUCCIÓN, ACLIMATACIÓN, TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ANTES DEL ESTABLECIMIENTO EN EL SITIO.</b>	<b>16</b>
6.1 PRODUCCIÓN DE PLANTA.	<b>16</b>
6.2 ACLIMATACIÓN DE PLANTA.	<b>16</b>
6.3 TRANSPORTE DE PLANTA.	<b>16</b>
6.4 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.	<b>17</b>

	<b>PAG.</b>
<b>CAPITULO 7. PREPARACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.</b>	<b>19</b>
<b>7.1 DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.</b>	<b>19</b>
<b>7.2 ELABORACIÓN DE CEPAS.</b>	<b>20</b>
<b>CAPITULO 8. PLANTACIÓN.</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO 9. MANTENIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.</b>	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>23</b>

<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS, CUADROS Y FIGURAS</b>	<b>PAG.</b>
<b>GRAFICO 1. Periodo 2003 – 2008 de la temperatura ambiente en la zona.</b>	<b>11</b>
<b>GRAFICO 2. Periodo 2003 – 2008 de la Humedad Relativa en la zona.</b>	<b>11</b>
<b>GRAFICO 3. Periodo 2003 – 2008 de la Evaporación total en la zona.</b>	<b>12</b>
<b>GRAFICO 4. Periodo 2003 – 2008 de la Insolación total en la zona.</b>	<b>12</b>
<b>GRAFICO 5. Periodo 2003 – 2008 de la lluvia total en la zona.</b>	<b>12</b>
<b>CUADRO 1. Registros históricos de los factores climáticos de la zona.</b>	<b>11</b>
<b>Fig. 1 sitio experimental en el (AN’P) Cerro Punhuato.</b>	<b>8</b>
<b>Fig.2 delimitación física del sitio experimental.</b>	<b>9</b>
<b>Fig.3 método para la delimitación del sitio experimental.</b>	<b>10</b>
<b>Fig. 4 acomodo de la planta para su transportación.</b>	<b>17</b>
<b>Fig. 5 aplicación de riego ligero.</b>	<b>18</b>
<b>Fig. 6 delimitaciones de las parcelas experimentales.</b>	<b>19</b>
<b>Fig. 7 distribución en tres bolillo.</b>	<b>20</b>
<b>Fig. 8 elaboración de cepa.</b>	<b>20</b>
<b>Fig. 9 dimensiones de la cepa.</b>	<b>20</b>
<b>Fig. 10 planta de Pinus Michoacana ya establecida.</b>	<b>21</b>

## **INTRODUCCIÓN**

**Hoy en día uno de los grandes retos a los que nos enfrentamos, en México así como en el resto del mundo es la conservación y preservación de los recursos naturales, siendo estos de vital importancia en el desarrollo del ser humano, así como de la sociedad en general, hoy en día se presentan con mayor frecuencia fenómenos climáticos, a causa de los factores de degradación y supresión de estos.**

**Los bosques y selvas de nuestro país se ven afectados severamente debido a los factores económico – sociales, por la falta de interés, conocimiento y desarrollo de una cultura de conservación y uso racional de los recursos existentes, siendo ya un problema para la sociedad en general, existiendo problemas de deforestación y repercusiones preocupantes como es la falta del recurso hídrico (agua) el cual comienza a escasear y ser insuficiente en las ciudades con mayor número de habitantes.**

**Una de las grandes alternativas que tiene este país es la megadiversidad con la que cuenta, siendo factor de gran importancia los bosques y las selvas ya que son las principales fabricas de captación de agua y generación de microclimas para la conservación de especies que mantengan en equilibrio el ecosistema en el que se encuentran presentes.**

**A nivel nacional en los últimos años se han realizado infinidad de trabajos de conservación y restauración en suelos forestales y preferentemente forestales, con forestaciones y reforestaciones, que permitan aumentar la vegetación de una superficie siendo estas insuficientes para la demanda existente de agua, este tipo de trabajos se caracterizan por tener carencia de apoyos significativos y eficaces, así como mencionar que todos estos carecen de una planeación estratégica que les permita controlar las posibles dificultades con las que se pudieran encontrar al momento de ejecutar la plantación, esto debido a la falta de asesoría técnica calificada y especializada en este tipo de proyectos, no sin dejar de lado los trámites burocráticos que se encuentran presentes.**

**En el estado de Michoacán se habla de grandes proyectos de reforestación y actividades multitudinarias con la sociedad civil en las que se contabilizan de millones de plantas establecidas, encontrando una situación desoladora, ya que al momento de visitar la mayoría de estos proyectos, son muy pocos los que tienen éxito reflejándose en la poca o nula sobrevivencia de la planta y a su vez en el aumento gradual de la temperatura ambiental de los microclimas y en la poca precipitación pluvial que se presenta hoy en día.**

**Con el presente trabajo pretendemos brindar una herramienta que sea de utilidad para el trabajo que se pudiera realizar antes y después de establecer una plantación, mediante un caso práctico en una área natural protegida denominada “Cerro del Punhuato” en Morelia Michoacán en donde se realizaran algunos trabajos y alternativas diferentes a las que normalmente se utilizan en las reforestaciones convencionales, siendo el principal objetivo la aplicación de técnicas específicas para la captación e infiltración de agua al subsuelo, así como de prever de humedad necesaria a las plantas que se establecen y asegurar la sobrevivencia de estas con una serie de actividades culturales, así como de monitoreo de sanidad y vigor de la planta.**

## **PLANEACIÓN DE LA PLANTACIÓN.**

**Este factor es fundamental para el éxito o el fracaso de cualquier plantación y para el caso de nuestro proyecto fue el primer paso para el desarrollo del presente proyecto de investigación en donde se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:**

- **OBJETIVOS DE LA PLANTACIÓN.**
- **LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DEL PREDIO.**
- **SOLICITUDES Y PERMISOS EN EL PREDIO.**
- **CONDICIONANTES DEL DUEÑO O POSEEDOR.**
- **FACTORES FISICO CLIMATICOS DEL SITIO EXPERIMENTAL.**
- **SELECCIÓN Y REQUERIMIENTOS DE LA ESPECIE PARA REFORESTAR.**
- **PRODUCCIÓN, TRANSPORTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.**
- **PREPARACIÓN DEL TERRENO.**
- **PLANTACIÓN.**
- **MANTENIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.**

**De acuerdo a los aspectos antes mencionados realizaremos el desarrollo del proyecto de investigación que a continuación se presenta.**

## **OBJETIVOS DE LA PLANTACIÓN.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

- 1. Realizar una plantación experimental para encontrar un sistema óptimo de restauración dentro de un área Natural Protegida.**

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- 1. Realizar la planeación estratégica para el establecimiento de una plantación experimental en un Área Natural Protegida.**
- 2. Establecer una nueva metodología para la plantación con especies que permita forestar un terreno con pocas posibilidades de sobrevivencia de planta.**
- 3. Evaluar un sistema modificado para aumentar la posibilidad de sobrevivencia de la planta así como la mayor captación e infiltración de agua de lluvia.**

# CAPITULO 1.- LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL AN'P CERRO PUNHUATO.

## 1.1 LOCALIZACIÓN.

El Área Natural Protegida denominada Cerro del Punhuato se encuentra al oriente de la ciudad de Morelia, es conocida por los moradores de esta ciudad capital del Estado de Michoacán debido a que es un punto de referencia para la salida a Mil Cumbres. Esta Área fue decretada como zona sujeta a preservación ecológica en el año de 2005, con una superficie de 78-86-00 has, las cuales eran propiedad privada y fueron donados bajo esta finalidad y la poligonal se georeferencia en una proyección de UTM 14, de la carta de INEGI E14 A23 constando de 108 puntos geográficos específicos. (DOF 2005).

## 1.2 CARACTERIZACIÓN.

El cerro del Punhuato por sus características es prioritario para la conservación y mantenimiento de las condiciones optimas de la vegetación para atenuar el proceso de deterioro ecológico y fomentar la recarga de los acuíferos, así como para realizar trabajos de restauración del suelo mediante actividades de forestación y reforestación.

En el área se pueden observar tipos de vegetación como son; matorral subtropical, bosque de pino- encino y mesofilo de montaña entre otros, y se encuentran arboles de encino: *Q. obtusata*, *Q. castanea*, *Q. desertícola*, *Q. glaucoides*, así como pinos: *Pinus Michoacana*, *Fraxinus* de la especie *F. uhdei*, *Opuntia Spp.* (nopal), *Acacia pennatula* (Tepame), *Acacia farnesiana* (huizache), *Condalia veluntia* (grangeno), así como otras especies introducidas como son: *Eucalyptus camaldulensis*, *Casuarina Equisetifolia* y *Cupressus lindleyi*, entre otras, cabe mencionar que se ven individuos jóvenes de pinos de los que a la vista se pueden identificar que son de reforestaciones recientes entre los que se observan: *Pinus Pseudostrobus* y *Pinus cembroides* sin descartar que pueden existir otras especies y diferentes variedades.

## **CAPITULO 2. SOLICITUD Y TRÁMITES.**

Debido a que la AN'P denominada Cerro del Punhuato es una Zona Sujeta a Preservación Ecológica, la cual debe contar con un programa de manejo y se encuentra bajo la supervisión y cuidado del gobierno del estado de Michoacán, a través de la Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA). Se tuvo que realizar la solicitud por escrito ante dicha dependencia especificando los detalles y especificaciones generales del proyecto de forestación.

Así mismo dicha zona cuenta con un consejo conformado por un conjunto de personas interesadas en la protección, conservación y restauración de este lugar, este consejo se conforma por el propietario del predio, autoridades de gobierno, instituciones educativas, empresarios, profesionistas y sociedad civil, los cuales son quien toman las decisiones de los trabajos y actividades a realizarse. Por lo anterior para cualquier proyecto de investigación, trabajo experimental o cualquiera que sea la actividad que se pretenda realizar debe ser avalada tanto por la Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente como por el consejo del AN'P del Cerro del Punhuato.

La división de estudios de posgrado de la Facultad de Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo realizó el documento correspondiente para avalar que uno de los alumnos perteneciente a esta institución educativa pretende realizar un trabajo experimental en dicha zona, el cual consiste en realizar una plantación con fines de forestación en el AN'P del Cerro del Punhuato, la cual se encuentra bajo su supervisión, especificando las características generales del proyecto así como sus objetivos.

### **CAPITULO 3. CONDICIONANTES PARA EL ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA FORESTACIÓN POR PARTE DE LA SECRETARIA. (SUMA).**

La autorización fue emitida por parte de la Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA), junto con las recomendaciones y condicionantes que consideraron pertinentes para el proyecto experimental y fueron dirigidas directamente a la División de estudios de Postgrado de la Facultad de Tecnología de la madera quienes al recibirla, de inmediato dieron aviso para la ejecución del proyecto, en donde se puntualizan las siguientes observaciones, que no se tenían contempladas en el proyecto inicial.

- Se debe de cercar el sitio en donde se realizara la plantación experimental.
- Debe de señalizarse el sitio con carteles preventivos e informativos del proyecto.
- Se deben de dar a conocer a la secretaria los resultados que se obtengan de este proyecto.

De esta manera ambas instituciones generaron un acuerdo de colaboración aceptando las condicionantes por parte de la institución educativa y por parte de la secretaria permitiendo llevar a cabo el desarrollo de este proyecto, no sin realizar las observaciones pertinentes a las condicionantes de las observaciones anteriores emitidas por la secretaria. Primeramente debido a que es un área natural protegida no es necesario que se cerque esta, ya que se modifico el método y sistema de plantación inicial y con el actual procedimiento no existe riesgo alguno para los visitantes y para el cuidado y protección de los arboles, debido a que es una zona accidentada y no existe presencia de ganado.

## CAPITULO 4. SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN, UBICACIÓN Y REGISTROS CLIMATICOS DEL SITIO EXPERIMENTAL.

### 4.1 SELECCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.

Para la selección del sitio experimental primeramente, consultamos al encargado del lugar quien nos oriento de manera en general cual sería el sitio en donde pudiese realizarse dicho proyecto, ya que en toda el AN'P existen diversos trabajos que ellos mismos se encontraban realizando, una vez en el entendido de esto y observando el lugar se procedió a tratar de seleccionar un lugar que contara con la mayor cantidad de factores favorables y características necesarias para llevar a cabo el proyecto, ya que de antemano el sitio que se asigno para este trabajo se encuentra con alto grado de degradación(Fig.1).



Fig. 1 sitio experimental en el (AN'P) Cerro Punhuato.

### 4.2 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.

El sitio experimental se encuentra en una superficie de 01-00-00ha. o 10,000m<sup>2</sup> de terreno, en el que se observan especies arbustivas, herbáceas y algunas arbóreas, estas últimas introducidas o exóticas, las cuales presentan algunas deficiencias que son observadas por su coloración pálida, así como falta de vigor y en el caso de un par de *Eucalyptus camaldulensis* se observa la presencia de plaga, se puede observar que el sitio tiene una pendiente aproximada de entre 70° y 40°, así mismo existe presencia abundante de pedregosidad, existe en otras partes la estructura de suelo a simple vista, poca permeabilidad al subsuelo y se aprecian rastros de fauna principalmente de *Crotalus durissus* (víbora de cascabel).

Cabe mencionar que la vegetación existente en el sitio experimental no es abundante ya que no cubre ni un 15% de la superficie, la cual será respetada al momento de realizar la plantación y con miras a futuro se realizara una evaluación para su conservación o remplazo por especies adecuadas para la restauración de la zona.

#### 4.3 UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.

El sitio experimental se encuentra dentro del Área Natural Protegida denominada Cerro del Punhuato, ubicado en la falda del cerro cerca del parteaguas de la microcuenca en la que se encuentra el AN'P.



Fig. 2 delimitación física del sitio experimental.

Para obtener la superficie en la que se desea trabajar en el sitio experimental fue necesario realizar el trazado de la superficie para delimitar una hectárea y se realizo de la siguiente manera:

Una vez seleccionado el sitio, se midió el perímetro del sitio, siguiendo rumbos francos con la brújula y una cuerda compensada (fig.3).

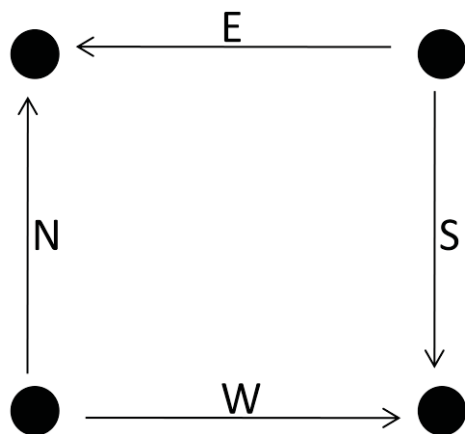


Fig.3 método para la delimitación del sitio experimental.

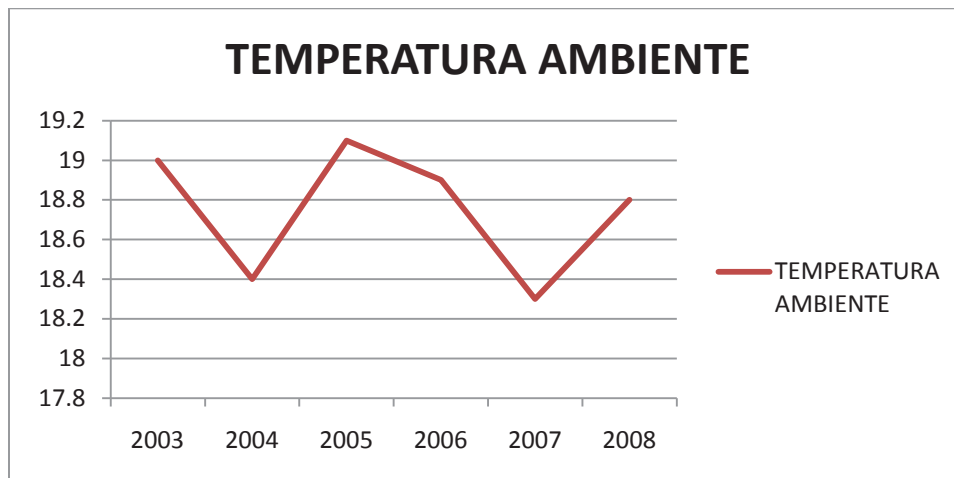
Una vez realizada la medición de cada uno de sus lados, los cuales son 100m en los diferentes rumbos francos (Fig.3) y delimitado el sitio, se registraron las coordenadas de cada uno de los puntos marcados y así mismo se tomo en cada uno de los puntos una muestra de la temperatura del suelo, para de esta manera obtener este dato que es de vital importancia y que más adelante será de gran utilidad.

#### 4.4 REGISTROS CLIMATICOS DEL SITIO.

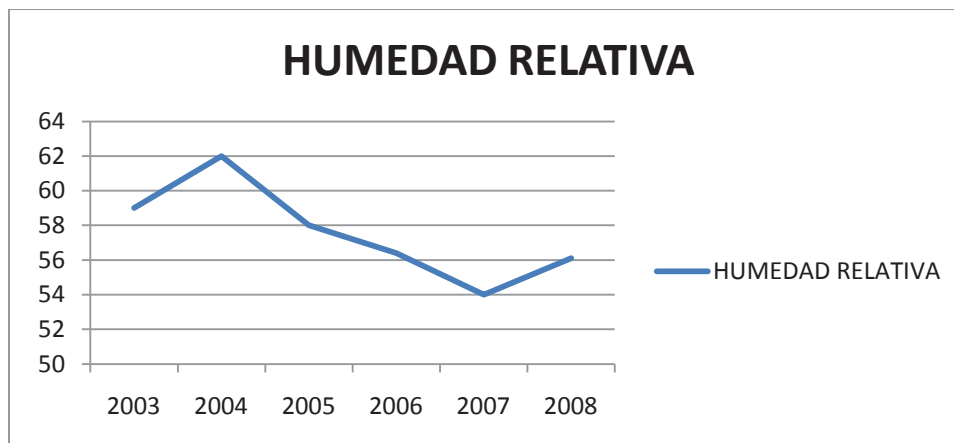
Los registros climatológicos fueron tomados en la estación más cercana a la AN'P debido a que esta no cuenta con una propia, son datos confiables obtenidos en el Observatorio Meteorológico de Morelia, en donde se tomaron en cuenta la temperatura ambiental media, humedad relativa media, evaporación total, insolación total y lluvia total, ya que en base a estos datos podremos determinar cuál es la especie de árbol y la fecha adecuada para establecer nuestra plantación, en el caso de este año se presenta un déficit de lluvia, en donde posiblemente tengamos que suministrar un sistema de riego alterno para garantizar la sobrevivencia de la planta, encontrando lo siguiente:

**CUADRO 1. Registros históricos de los factores climáticos de la zona.**

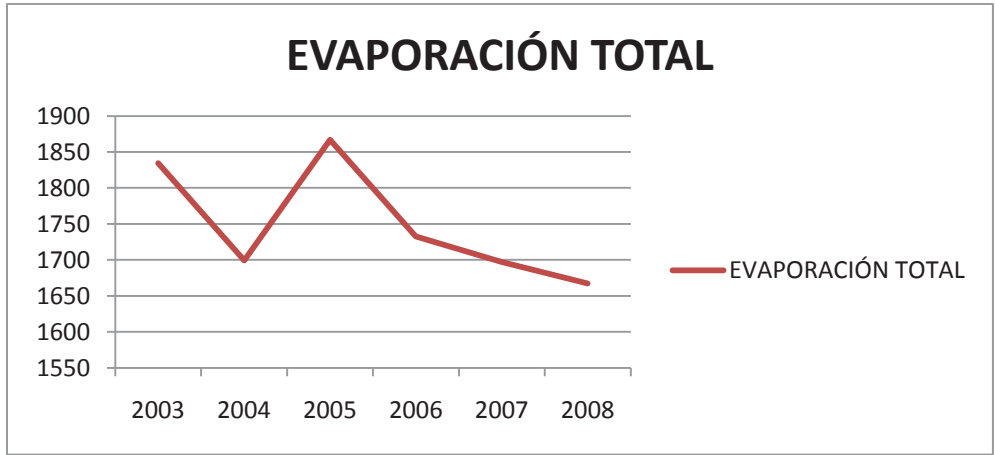
DATOS CLIMATICOS						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008
TEMPERATURA MEDIA	19	18.4	19.1	18.9	18.3	18.8
HUMEDAD RELATIVA	59	62	58	56.4	54	56.1
INSOLACIÓN TOTAL	1834.6	1699.4	1867	1732.6	1697.1	1667.1
EVAPORACIÓN TOTAL	2657.56	2634.44	2886.31	2625.09	2713.56	2801.5
LLUVIA TOTAL	1007.7	1073.7	843.5	923.1	725.5	616.9



**GRAFICO 1. Periodo 2003 – 2008 de la temperatura ambiente en la zona.**



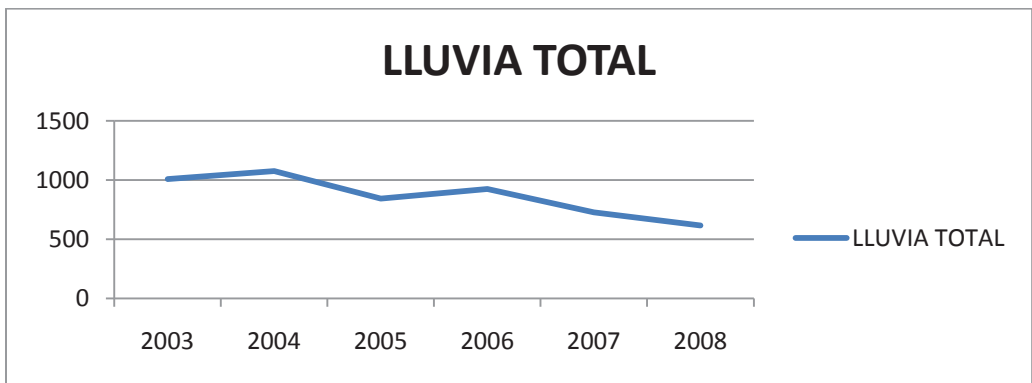
**GRAFICO 2. Periodo 2003 – 2008 de la Humedad Relativa en la zona.**



**GRAFICO 3.** Periodo 2003 – 2008 de la Evaporación total en la zona.



**GRAFICO 4.** Periodo 2003 – 2008 de la Insolación total en la zona.



**GRAFICO 5.** Periodo 2003 – 2008 de la lluvia total en la zona.

Como podemos observar en los gráficos anteriores de acuerdo a los registros históricos podemos tomar la decisión de la especie a establecer en el sitio experimental.

## **CAPITULO 5. SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LA ESPECIE A UTILIZAR PARA FORESTAR.**

Una vez que ya tenemos los datos que anteriormente hemos mencionado, debemos de conocer cuáles son los requerimientos mínimos necesarios, para elegir prioritariamente las especies representativas del lugar o alguna que sus características se asemejen a las condiciones existentes y de esta manera se le pueda proporcionar mayor posibilidades de sobrevivencia.

### **5.1 SELECCIÓN DE LA ESPECIE A UTILIZAR PARA FORESTAR.**

Para nuestro caso primeramente establecimos objetivos a seguir los cuales fueron observados para comenzar con la búsqueda de la especie, posteriormente realizamos un análisis del lugar en cuanto a las condiciones físico-topográfico, en donde se tomaron en cuenta las condiciones generales y los antecedentes de las condiciones climáticas de la región que se han presentado en los últimos años, es importante mencionar que existen estudios en relación con las condiciones climáticas del lugar en los que se observa una isla de calor debido a las altas temperaturas que se presentan en ciertas zonas del AN'P. (a decir de los encargados del AN'P)

### **5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES PROPUESTAS PARA FORESTAR.**

5.2.1 La primera especie que de acuerdo con las condiciones existentes tiene mayor posibilidad de sobrevivencia y que cuenta con características específicas para conseguir nuestro objetivo es el *Pinus michoacana* Martínez también conocido como pino lacio, Nativo de México y con una distribución geográfica de los 16° 35' y 21° 15' de latitud Norte y los 92° 15' y 102° 05' de longitud Oeste, siendo las siguientes entidades las más representativas: Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Como característica particular se establece en laderas de bosque de pino y bosque de pino – encino.

Por su forma biológica se puede describir como un árbol de entre 20 y 30mts. de altura, diámetro normal de 1m, observándose los primeros años en estado cespitoso, esto dependiendo de las condiciones ambientales en donde se establece y desarrolla. Su fenología presenta las siguientes características; hojas perennifolias, su floración se presenta en el periodo

de febrero a marzo y la fructificación se observa en el periodo de octubre a febrero, siendo el mes de diciembre en el que se presenta la maduración, tomando en cuenta que pueden existir variaciones en los datos antes proporcionados debido a diversos factores climáticos y fisiográficos.

**5.2.2** La otra especie que cuenta con los requerimientos necesarios para poder establecerse en el sitio es el *Pinus pseudostrobus* Lindl. var *pseudostrobus*, conocido comúnmente en el estado de Michoacán como pino ortiguillo o pino blanco, originario de México, Honduras y Guatemala, el cual se distribuye geográficamente entre los 17° 15' y 29° 15' de latitud norte y 92° 05' y 108° 35' de longitud Oeste, en la república mexicana se encuentra en los estados de Jalisco, Michoacán, Edo. México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas. Encontrándose frecuentemente en bosque de pino y asociaciones de pino – encino, aunque no se descarta su uso en restauración de suelos degradados.

Es un árbol que biológicamente se describe como un árbol de 30 a 40m. de altura, ocasionalmente hasta 45m. y con diámetro de 40 a 80cm. el árbol desarrolla un fuste recto y libre de ramas del 30 al 50% de la altura total del árbol. Fenológicamente es un árbol de hojas perennifolias, la floración se presenta en los meses de febrero a marzo y en cuanto a su fructificación los conos llegan a madurar entre los meses de noviembre a diciembre en México.

### **5.3 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LAS ESPECIES PROPUESTAS PARA REFORESTAR.**

Los requerimientos ambientales son uno de los principales factores que debemos de tomar en cuenta ya que estos darán pauta para determinar si la especie elegida para nuestro proyecto es la adecuada, de esta manera se analizan los siguientes factores.

**5.3.1** altitud del terreno en donde se establecerá la plantación.

**5.3.2** el tipo de suelo tomando en cuenta sus características físico – químicas, así como la presencia de materia orgánica.

**5.3.3** la temperatura ambiente del lugar a establecerse.

**5.3.4** la precipitación que se presenta en el sitio o las precipitaciones de registros históricos de la estación meteorológica más cercana.

**5.3.5 un factor que es de suma importancia observar y que por lo general nunca se toma en cuenta, es la temperatura del suelo en relación con la temperatura ambiente y observar cual es la correlación que existe con el establecimiento y desarrollo de la planta, es importante que a la hora en que se toma la medición de la temperatura de suelo no sea en las primeras horas del día, ya que en la temporada invernal principalmente queda una ligera humedad sobre la superficie del suelo la cual llega a interferir en la medición real de la temperatura.**

## **CAPITULO 6. PRODUCCIÓN, ACLIMATACIÓN, TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA ANTES DEL ESTABLECIMIENTO EN EL SITIO.**

### **6.1 PRODUCCIÓN DE PLANTA.**

La producción de la planta debido a las condiciones del sitio en donde iba a ser establecida fue producida en el municipio de Zitacuaro, ya que de acuerdo a las condiciones extremas en cuanto a temperatura principalmente son semejantes a las del Cerro del Punhuato, por lo cual se creó un ambiente similar a este, la semilla debido algunos contratiempos con la autorización de la plantación en el sitio experimental por parte de la Secretaria de Urbanismo (SUMA), fue sembrada en la última semana del mes de octubre del año 2008 y esta germino en el mes de noviembre, de las especies *Pinus michoacana Martinez* y *Pseudostrobus Lindley*, la cual fue producida en bolsa de polietileno negro de 7 X 16, con un sustrato de tierra colorada, posteriormente fue necesario introducir planta de dos años para asegurar la sobrevivencia de los arboles ya que algunos de estos se encontraban con un porte pequeño y no contaba con las condiciones indispensables para su plantación.

### **6.2 ACLIMATACIÓN DE PLANTA.**

En cuanto la aclimatación de la planta, podemos decir que por efectos de resultados de algunos viveros no pueden arriesgarse a perder un porcentaje de la planta que se tiene como propósito del objetivo anual de producción, por lo que a toda la planta, independientemente de cuál sea su destino, se le aplica un manejo de producción uniforme, para el caso de parte de la planta que será utilizada para este proyecto fue separada, para darle un manejo especial, el cual consistió en disminuir la frecuencia de riego así como de la administración de fertilizantes y fue expuesta a los rayos directos del sol fuera de la malla sombra en el mes de febrero, por lo que en el periodo febrero – Julio, se le aplico un cuidado especial que consistió en llevar a la planta a situación de estrés aplicando pequeñas cantidades de agua en el riego y disminuir el 90% de la cantidad de fertilizante.

### 6.3 TRANSPORTE DE PLANTA.

Para la transportación de la planta fue necesario un vehículo cerrado, en donde la planta no tuviera fricción con el aire exterior ya que es un error que frecuentemente se comete cuando se transporta planta no se cubre y se evita este factor cuando se transporta en vehículos abiertos, posteriormente se aplicó un riego pesado en la plantabanda y posteriormente se realizó un acomodo especial para que la planta no se dañara entre sí ni con el movimiento por la circulación del vehículo, una vez que toda la planta se encontraba perfectamente acomodada se procedió a realizar un riego superficial ligero para mantener una saturación de humedad de este, calculando el recorrido de viaje hasta el lugar de procedencia.



Fig. 4 acomodo de la planta para su transportación.

### 6.4 MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.

Una vez establecidos en el lugar de procedencia, se realizó una plantabanda en el lugar donde nos fue autorizado almacenar la planta hasta el momento de su establecimiento, por lo que fue acomodada y posteriormente se aplicó un riego ligero para reacomodar el sustrato de las bolsas de polietileno.



Fig. 5 aplicación de riego ligero

## CAPITULO 7. PREPARACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.

Para la preparación del sitio fue necesario delimitar primeramente las cuatro parcelas en donde se tenía planeado desarrollar la plantación por lo que fue necesario, realizar el mismo procedimiento que para el caso del sitio experimental, utilizando la brújula, una cuerda compensada y el GPS para ubicar la posición geográfica de cada uno de los linderos de las parcelas de los tratamientos.



Fig. 6 delimitaciones de las parcelas experimentales

### 7.1 DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

Posteriormente con el clinómetro se determino la pendiente de cada uno de los tratamientos y se tomo la temperatura del suelo a mediodía ya que este será el referente para futuras lecturas de temperatura de suelo, posteriormente se tomo la decisión de establecer las cepas en una distribución conocida como tres bolillo, a una distancia de 3m. entre sí para comenzar con labores de protección de suelo y favorecimiento de la filtración de agua al subsuelo, ya que son los principales objetivos de nuestro proyecto.

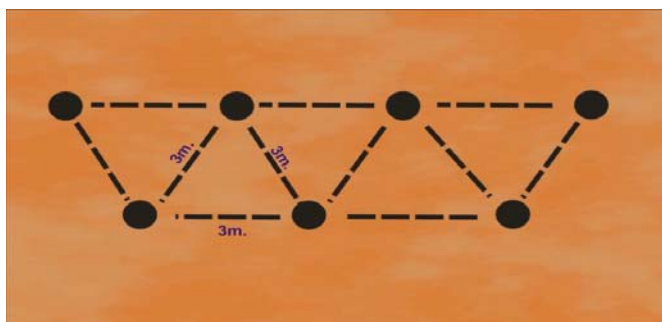


Fig. 7 distribución en tres bolillo.

## 7.2 ELABORACIÓN DE CEPAS.

La elaboración de las cepas se realizó con 40cm. de ancho, largo y profundidad, para proporcionarle condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de la planta, permitiendo a su vez una mayor filtración de agua al subsuelo del sitio experimental.



Fig. 8 elaboración de cepa.

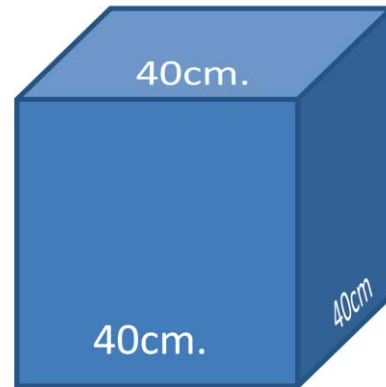


Fig. 9 dimensiones de la cepa.

Cabe mencionar que dentro de las 4 parcelas del sitio experimental se encuentra vegetación herbácea, arbustiva y arbórea escasa, la cual no fue removida mientras se realizaba la elaboración de las cepas para evitar alguna perturbación en la zona.

## **CAPITULO 8. PLANTACIÓN.**

Para la plantación fue necesario primeramente contabilizar el numero de cepas por parcela para de esta manera seleccionar la planta más adecuada para ser establecida, por lo que en la parcela 1 se establecieron 133 árboles, en la parcela 2 se establecieron 107 árboles en la parcela 3 se establecieron 88 árboles y en la parcela 4 se establecieron 33 árboles, todos los arboles al momento de ser plantados se encontraban vivos, sanos y con alto vigor, solamente algunos presentaban las raíces entrelazadas en la parte interna de la bolsa por lo que fue necesario realizar tres cortes simétricos en el perímetro del cepellón de la misma, así mismo todos los arboles establecidos quedaron 10cm. bajo el nivel de la superficie, esto con la finalidad de que en la temporada de estiaje y conforme baje la humedad tenga cierta ganancia conforme la evaporación y perdida de humedad en la pedregosidad existente.



**Fig. 10** planta de Pinus Michoacana ya establecida.

## **CAPITULO 9. MANTENIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.**

**Dentro de la planeación el mantenimiento se dará de acuerdo a las deficiencias que la plantación presente en los meses posteriores al establecimiento de la misma, teniendo en cuenta principalmente la aplicación de riegos de auxilio dada la poca precipitación en el año, la cual pudiese poner en riesgo la sobrevivencia de la planta.**

## **BIBLIOGRAFIA.**

- 1. SEMARNAT, 2007, Protección, restauración y conservación de suelos forestales, manual de obras y prácticas, tercera edición, Zapopan, Jalisco, México.**
- 2. INIFAP, 2005, Programa de Investigación en Servicios Ambientales, libro técnico N° 1, México. D. F.**
- 3. DOE, N°38, 2005, Decreto que declara Área Natural Protegida al sitio conocido como “Cerro del Punhuato” del municipio de Morelia Michoacán de Ocampo, 26 de enero de 2005, 8p., Morelia, Mich.**
- 4. Muñoz, H. J. 1997. Plantación de *Pinus pseudostrobus* a raíz desnuda y en envase con dos sistemas de preparación de terreno. Revista Ciencia Forestal 22 (82).**
- 5. Sandoval, L. 1995. Plagas en viveros y plantaciones. Viveros forestales publicaciones especiales No 3. INIFAP.México. D.F.**
- 6. Chávez, M. Y. M. 1990. Caracterización de Suelos e Índice de Sitio Edáfico para Especies de *Pinus* en atenuque, Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias (Edafología). Facultad de Ciencias. UNAM.**
- 7. García, M.J. y B.R. Toledo. 1989. Ensayo de tres intensidades de poda en una plantación de *Pinus pseudostrobus* y *Pinus michoacana* Mtz. Ciencia forestal; 14(65): 53 pp.**
- 8. Carrillo, A. 1988. (com. Pep.) Plantación en el Programa Federal de Plantaciones Integrales de la CLP, con zanja trinchera y sistema Gradoni, Patzcuaro, Mich**
- 9. Carrillo, A. 1985. (com. Pep) Plantación con *Pinus michoacana* en el Cerro de Chapultepec, Patzcuaro, Mich.**
- 10. Martínez, M. 1979. Catalogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.**