



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACIÓN DE REFORESTACIÓN EN EL PARQUE
NACIONAL MALINCHE, TLAXCALA, MÉXICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G A
P R E S E N T A
BEATRIZ EUGENIA GONZÁLEZ MORENO

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DE LOURDES VILLERS RUIZ



MÉXICO, D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

González

Moreno

Beatriz Eugenia

55 94 50 57

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

30111730-0

2. Datos del tutor

Dra.

María de Lourdes

Villers

Ruiz

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Lucía

Almeida

Leñero

4. Datos del sinodal 2

Dra.

Rosa Irma

Trejo

Vázquez

5. Datos del sinodal 3

M. en C.

Irene

Pisanty

Baruch

6. Datos del sinodal 4

Dr.

Dante Arturo

Rodríguez

Trejo

7. Datos del trabajo escrito.

Evaluación de Reforestación en el Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México

72p

2008

Dedicatoria

En primer lugar a mi familia, las tres mujeres más importantes de mi vida: Beatriz González Moreno, mamá y papá por tu increíble fortaleza, por tu amor, por cuidar y educar a tus cachorras; a mi hermana Priscila González, mi compañera de vida, nadie me conoce como tú; y Juana Moreno, por tu ternura. Las amo profundamente.

A mi otra familia que me enseñaron a tomar la vida menos en serio y a divertirme. Pedro Bustos y Rafaela González por su apoyo y por creer en mí. A mis tíos Alfonso, Lucio, Sara, Aureliano e Ileana. A mis primas que además considero mis amigas: Lucía Paola, Sara Patricia, Sandra, Adriana y primo Cristian. Muy en especial a mi prima Paulina Bustos, eres un ejemplo único. Los quiero mucho a todos.

A mis amigos de la carrera: Ana Laura Castañeda Huitrón, Ivonne Edith Kuri Reyes, Regina González, Karla Cid, Laura Ruiz, Luis Robledo y Antonio Ruiz y a todos con los que compartí tantas experiencias en campo y en la escuela.

A los biólogos y amigos de Mérida, en especial Lilia Carrillo y Celene Espadas, ustedes pertenecen a ese grupo de mujeres increíbles que he tenido la oportunidad de conocer y considerar mis amigas.

Finalmente, dedico este trabajo a todas las personas que han marcado una diferencia en mi vida. A todas las personas que de alguna forma contribuyeron a mi formación por su cariño, comprensión, paciencia y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a la Dra. María de Lourdes Villers Ruiz por todo su apoyo y su ayuda en mi formación. Alguna vez dijiste que el trabajo más fuerte era en la formación de un licenciado; tenias razón, ojalá en mi vida como profesionista te haga sentir orgullosa. Gracias por todas tus enseñanzas en lo profesional y lo personal. Te admiro mucho.

A mis lectores por tomarse el tiempo, por sus muy valiosos comentarios y ayudarme a mi formación: Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez, Dra. Lucía Almeida Leñero, Dr. Dante Arturo Rodriguez Trejo y M. en C. Irene Pisanty Baruch. Agradezco muy en especial al Dr. Gil Vera Correa por todo su apoyo y ayuda en la caracterización de los sitios.

También agradezco a la M. en C. Fabiola Rojas por todos los conocimientos impartidos en campo y en mi largo viaje de tesis. A la M. en C. Beatriz González por su ayuda en campo, además de su dirección en mi servicio social y al Biol. Julio Wong por su apoyo en campo.

Agradezco tanto al Dr. Roger Orellana por recibirme en CICY como a la Universidad Autónoma Chapingo, en especial al Dr. Gil Vera Castillo. Ambas estancias me enseñaron mucho y enriquecieron mi visión como profesionista.

-¿Has visto como crecen las plantas? Al lugar en que cae la semilla acude el agua: es el agua la que germina, sube al sol. Por el tronco, por las ramas el agua asciende al aire, como cuando te quedas viendo al cielo del mediodía y tus ojos empiezan a evaporarse.

Las plantas crecen de un día a otro. Es la tierra la que crece, se hace blanda, verde, flexible. El terrón enmohecido, la costra de los viejos árboles, se desprende, regresa.

¿Lo has visto? Las plantas caminan en el tiempo, no de un lugar a otro, de una hora a otra hora. Esto puedes sentirlo cuando te extiendes sobre la tierra, boca arriba y tu pelo penetra como un manojo de raíces y toda tú eres un tronco caído.

-Yo quiero sembrar una semilla en el río, a ver si crece un árbol flotante para treparme a jugar. En su follaje se enredarían los peces, y sería un árbol de agua, que iría a todas partes sin caerse nunca.

Jaime Sabines

Adán y Eva. II. 1952

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Calidad de las plantas.....	2
Calidad de sitio.....	3
Evaluación del desarrollo de la planta en campo.....	4
ANTECEDENTES	6
Historia de la reforestación en el Parque Nacional Malinche.....	7
Reforestación 2005 en el Parque Nacional Malinche.....	10
OBJETIVOS	11
General.....	11
Particulares.....	11
SITIO DE ESTUDIO	12
Caracterización del medio físico y biótico.....	12
Descripción de las especies utilizadas en la reforestación.....	14
MÉTODO	16
Mapa base y caracterización general de las áreas reforestadas.....	17
Calidad de planta.....	17
Calidad de sitio.....	18
Muestreo y descripción de sitio.....	18
Análisis del suelo y vegetación.....	19
Evaluación de la plantación en campo.....	19
Análisis y valoración de la reforestación.....	21
RESULTADOS	24
Mapa base.....	24
Caracterización general de los polígonos reforestados 2005.....	26
Calidad de planta.....	28
Características de las plantas en vivero.....	28
Características de la planta al llegar al PNM.....	31
Calidad de sitio.....	34
Sitio “Cerro San Marcos”.....	34
Sitio “CREA-Las Cabañas”.....	35
Sitio “La Tenaja”.....	35
Sitio “Tres Cruces (Cahuatla)”.....	36
Sitio “Zacatonera”.....	36
Análisis y valoración de la reforestación.....	38

Número total de plantas por sitio.....	38
Crecimiento en campo.....	39
Tasa relativa de crecimiento (TRC) por sitio y especie.....	43
Área de copa.....	44
Influencia del sitio y la especie en el crecimiento de los brinzales.....	45
Índices de desarrollo y salud de la planta.....	47
DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
LITERATURA CITADA.....	54
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de programas de reforestación forestal en PNM.....	8
Tabla 2. Programas de apoyo a las comunidades en Tlaxcala y PNM...	9
Tabla 3. Caracterización general de los polígonos reforestados en el año 2005 en el Parque Nacional Malinche.....	27
Tabla 4. Comparación entre los sistemas de crecimiento, utilizados en vivero.....	30
Tabla 5. Centros de almacenamiento de planta en PNM.....	32
Tabla 6. Especies y número total de plantas recibidas para reforestación del PNM.....	33
Tabla 7. Superficie reforestada y número de plantas sembradas por área en 2005.....	33
Tabla 8. Características físicas y químicas de los suelos en los cinco sitios estudiado.....	37
Tabla 9. Número total de brinzales reforestados calculados en el año 2005.....	38
Tabla 10. Sobrevivencia de brinzales por sitio.....	39
Tabla 11. Tasa relativa de crecimiento por sitio y por especie.....	44
Tabla 12. Resultados estadísticos y significancia para la variable diámetro de base.....	45
Tabla 13. Coeficientes e intervalos de confianza para la variable diámetro de base.....	46
Tabla 14. Resultados estadísticos y significancia para la variable altura total.....	46
Tabla 15. Coeficientes e intervalos de confianza para la variable altura total.....	47
Tabla 16. Promedios mensuales de desarrollo y salud en las plantaciones	48

Tabla 17. Número de hectáreas incendiadas de 2000-2007.....	51
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista del Parque Nacional Malinche, México.....	12
Figura 2. Bosque de <i>Pinus montezumae</i>	15
Figura 3. Bosque de <i>Abies religiosa</i>	15
Figura 4. Diagrama de método.....	16
Figura 5. Mapa de las áreas reforestadas en el Parque Nacional Malinche en el año 2005 (color azul).....	25
Figura 6. <i>Pinus montezumae</i> al llegar al PNM. Sistema de crecimiento: tradicional en bolsa.....	31
Figura 7. <i>Pinus pseudostrobus</i> al llegar al PNM. Sistema de crecimiento: en charola o sistema chileno.....	31
Figura 8. Distribución de la altura por especie en los 5 sitios un año y medio después de su introducción.....	40
Figura 9. Distribución del diámetro de copa por especie en los 5 sitios un año y medio después de su introducción.....	41
Figura 10. Distribución del diámetro de base por especie en los 5 sitios..	42
Figura 11. Comparación entre sitios y especies de promedios de las variables: altura, diámetro de copa y diámetro de base.....	43
Figura 12. Área de copa por sitio y especie.....	44

RESUMEN

La reforestación es un proceso por el cual se puede recuperar cobertura arbórea. Para lograr una reforestación exitosa con árboles pequeños (brinzales) con fines de protección al ambiente o restauración es necesario considerar: la calidad de la planta, la calidad del sitio y el desarrollo de los brinzales en campo. En el año 2005 se realizó la reforestación en 9 áreas dentro de los límites del Parque Nacional Malinche con dos especies: *Pinus montezumae* y *Pinus pseudostrobus*. Las áreas se encuentran principalmente en el piedemonte del volcán y fueron decretadas como prioritarias para su restauración por la Coordinación de Ecología-Tlaxcala. El objetivo del presente estudio fue evaluar esta reforestación, para lo cual se consideró la calidad de las plantas desde el vivero hasta su trasplante en el área; se efectuó una caracterización del medio físico y biótico de las áreas, así como un análisis físico-químico del suelo a fin de contar con una evaluación de la calidad del sitio. Finalmente se evaluó la sobrevivencia, el aumento en biomasa y la salud de las plantaciones, como parte de la valoración del desarrollo de los brinzales en campo.

El área total reforestada fue de 146.7 ha. Respecto a la calidad de las plantas se utilizaron dos sistemas de crecimiento en vivero: el sistema tradicional en bolsa para *P. montezumae* y el sistema de charola para *P. pseudostrobus*; como resultado del sistema de plantación las especies presentaron diferencias en el tamaño al momento de ser trasplantadas. Ambos sistemas contaron con el mismo método de germinación, riego y nutrición. El transporte y almacenamiento también fue similar para ambas especies, pero no así el sistema de plantación. Las condiciones físicas y bióticas de los sitios presentaron diferencias, lo cual pudo también tener un impacto en el crecimiento diferencial de los brinzales. Las evaluaciones en campo se realizaron en los meses de abril a diciembre de 2006, lo que cubre dos de las épocas más importantes después del establecimiento de una reforestación; la sequía y el invierno; la época de adaptación de un proceso de reforestación se da entre el primer año o año y medio, una vez plantada, por lo que las estimaciones de sobrevivencia del presente estudio se pueden considerar permanente en cuanto la adaptación de la reforestación. Los resultados de la evaluación en campo indican una sobrevivencia total de 42.37%, con una mayor sobrevivencia para la especie *P. pseudostrobus*, así como un mayor crecimiento. Para ver la posible influencia de la calidad de sitio y del suelo en el desarrollo de los brinzales se realizaron regresiones múltiples con el paquete Stata 9.1, en donde el pH y el contenido de materia orgánica son las variables que más afectan el diámetro de base mientras que la especie seleccionada fue la variable que más afecta la altura. Finalmente la salud de las plantaciones fue adecuada en todos los polígonos. El establecimiento de un vivero forestal en los límites del Parque garantizaría un suministro de planta adecuado para la zona, ya que serían semillas de árboles del Parque y los gastos de transporte y almacenamiento se reducirían.

Palabras clave: reforestación, calidad de planta, calidad de sitio, desarrollo de la plantación, Parque Nacional La Malinche.

INTRODUCCIÓN

La reforestación es el establecimiento inducido de vegetación forestal, ya sea por siembra directa de semillas o por la plantación de brinzales en terrenos con aptitud forestal (SEMARNAP, 2000). Por lo general es implementada en donde la cobertura de árboles ha sido reducida por disturbios debidos a eventos catastróficos o actividades humanas (FAO, 1999). Las plantaciones de protección al ambiente se utilizan para la conservación de suelos y agua, rehabilitación de lugares degradados, estabilización de pendientes, como barreras o cortinas rompevientos, en sistemas agroforestales, en plantaciones urbanas y peri urbanas, con fines de captura y retención de bióxido de carbono, (Rodríguez-Salas, 2000). Esta práctica también puede volver productivas grandes extensiones de terrenos que han llegado a ser submarginales y que se están erosionando de manera acelerada. Además, desde un punto de vista silvícola, en las plantaciones forestales la producción de las especies comerciales es mayor, el crecimiento es más rápido y a más bajos costos (Sierra *et al.*, 1994).

Para el Instituto Nacional de Ecología (2005) es necesario lograr una reforestación exitosa con árboles pequeños con fines de protección al ambiente o restauración, considerar aspectos de calidad de las plantas, calidad de sitio, así como realizar una evaluación del desarrollo del brinzal en campo, ya que una inadecuada selección de especie o sitio, garantiza su fracaso.

Calidad de las plantas

Para una adecuada reforestación con brinzales es importante obtener del vivero las plantas con la mayor calidad posible, que está asociada a: producción apropiada en vivero, selección y procedencia de especie. Las condiciones del ambiente en vivero, así como la producción de planta, determinan en gran medida sus posibilidades de sobrevivencia en la reforestación.

Los aspectos que más pueden afectar la calidad de la planta en vivero son: tamaño del contenedor, densidad de siembra en almácigo, transplante, tipo de sustrato, riego, fertilización, micorrizas, temperatura, luz, remociones y

podas de raíz; cuidados contra heladas, plagas y enfermedades, adecuada fase de endurecimiento (etapa de castigo para poder resistir las condiciones fuera de vivero), carga, transporte, descarga, concentración y finalmente plantación. Las condiciones del ambiente en vivero, así como la producción de planta, determinan en gran medida sus posibilidades de sobrevivencia en la reforestación. (Rodríguez-Trejo, 2008)

La selección de especies nativas y de procedencia local en una reforestación si el propósito es restauración (Rodríguez-Trejo, 2006). Tovar y Alanís (2000) señalan que las especies nativas presentan características ecológicas mucho más adecuadas por la similitud de origen, sin embargo en los planes de reforestación de ciudades y áreas forestales en México, se utilizaron distintas especies de eucaliptos y casuarinas. Estos géneros ya han sido descartados pues no ayudan a la recuperación de los bosques mexicanos por no ser nativas y porque se ha reportado que, algunas especies introducidas como *Eucalyptus camaldulensis* que desprende ramas con gran facilidad, *Eucalyptus rudis*, *E. globulus* reportado que empobrecen el suelo y evitan el desarrollo de otras especies a su alrededor. Por ello se han sustituido por especies que presentan mayor eficiencia ambiental (Tovar y Alanís *op. cit.*). En México ya existen estudios sobre especies leñosas nativas Vázquez-Yanes et al. (1999) realizaron la recopilación documental de 240 especies, con monografías de 70 especies que incluyen información botánica, ecológica y agronómica básica, y denominan a estas especies como “multipropósito” por presentar servicios al ambiente, ser de utilidad para el hombre y contar con características adecuadas para programas de restauración y reforestación.

Calidad de sitio

En términos forestales, el sitio es el espacio donde crecen los árboles, e incluye características físicas, químicas y biológicas del suelo, así como de precipitación, temperatura, humedad del aire y viento, entre otras; por lo tanto conocer la calidad del sitio ayuda a predecir la productividad y el crecimiento del rodal para el desarrollo de una especie determinada (Gonda, manuscrito).

Estudios realizados por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2005) mencionan que debe existir condiciones mínimas de un sitio a reforestar, entre las que destacan: suelos no compactados, con adecuada infiltración, estrato herbáceo de más de 80% en superficie y baja erosión. Además se debe contar con información sobre el desarrollo de la especie seleccionada, lo que permitirá predecir el comportamiento de la plantación y también facilitará una evaluación posterior (INE, *op. cit.*).

Los criterios pueden variar según el sitio del que se trate. Por ejemplo Valdés *et al.*, (1994), utilizaron como características ambientales: origen del sitio, composición del sitio, superficie rocosa, estación seca, pendiente, orientación de ladera, precipitación, profundidad de suelo y temperatura para determinar la calidad de sitio y productividad en bosques de *Pinus oocarpa* en suelos formados sobre ignimbritas encontrando que las variables con mayor afectación para la productividad fueron: el origen y tipo de sitio, las cuales se refieren a la unidad edafológica y el tipo de suelo. Por su parte González y Flores (manuscrito) consideraron entre las variables de sitio a la calidad de la estación, la altitud, la pendiente y la exposición en un estudio realizado sobre crecimiento y la regeneración de *Pinus rudis*.

Por último, es importante seguir un sistema de plantación y cuidados posteriores que garanticen la supervivencia y faciliten la evaluación del proceso.

Evaluación del desarrollo de la planta en campo

En México no existen antecedentes sobre resultados de éxito de las reforestaciones. En 1998 se realizó la primera evaluación técnica de reforestación, se evaluaron plantaciones realizadas por diversas dependencias participantes y con diferentes propósitos y condiciones ambientales, utilizando solamente la supervivencia para conocer el éxito. La conclusión de este estudio fue que el 43% de las plantaciones presentan buenas condiciones de prendimiento y desarrollo. (INE, 2006). Las evaluaciones periódicas han permitido tener una idea precisa sobre las tasas de supervivencia de las

reforestaciones y constatar los alcances logrados en las plantaciones, (México Forestal, 2006).

La evaluación de una plantación consiste en aplicar una técnica para recopilar información de alguna o algunas de sus características particulares. Es importante analizar esta información para una posterior selección de un plan eficiente de acciones a llevar a cabo, tanto en el manejo como la administración de la masa arbolada (Torres y Magaña, 2001). En las evaluaciones de los brinzales en las plantaciones se consideran la sobrevivencia, el estado de salud de la plantación, el crecimiento y las variables específicas de interés de cada caso específico, como por ejemplo: el sistema de plantación, aprovechamiento maderable total y sanidad (Torres y Magaña, *op. cit.*).

SEDESOL (1993) señala como parámetros de la planta a evaluar en el sitio reforestado el crecimiento, biomasa, sobrevivencia, salud, integridad morfológica y vigor. La planeación de una reforestación requiere de una inversión importante, y si la reforestación se realiza en terrenos inconvenientes, con especies impropias, de calidad baja y técnicas de plantación deficiente o inexistente, los gastos económicos y de recursos humanos son por demás inútiles. La evaluación de la reforestación es una medida para poder observar y evaluar todos estos parámetros y su viabilidad de éxito, sin embargo en México no se le ha dado la importancia que merece ya que no existen documentos sobre evaluaciones de supervivencia en plantaciones (INE, 2005).

ANTECEDENTES

El volcán Malinche es el quinto más alto de México con una altitud de 4,503 m.s.n.m. En el año 1938 una parte del volcán fue declarado Parque Nacional bajo la Administración Federal, y el 27 de febrero de 1996 se publica en el Diario Oficial de la Federación la transferencia de la administración del Parque a los gobiernos de Tlaxcala y Puebla. La presión sobre los recursos forestales de este parque nacional se agrava debido a que muchos de los pobladores no cuentan con otras fuentes de trabajo en sus comunidades, que no sea la agrícola o pecuaria, además de que ven en la montaña su fuente de sustento y de extracción de productos forestales. La agricultura, el pastoreo extensivo, los incendios forestales, así como el aprovechamiento forestal para proveerse de leña, para la manufactura de vigas u otros productos forestales, han provocado un severo deterioro a los recursos forestales del parque. En el Parque se utilizan las pináceas para vigas, tablas y polines. De *Abies religiosa* morillos y con *Quercus* se elabora carbón. (CGE, 1999)

El área presenta una alta precipitación, grandes pendientes y poca protección vegetal lo que ha provocado erosión acelerada en forma laminar y acanalada con desprendimientos “texcales” (terreno cubierto de basalto) que se depositan en las barrancas y son transportadas por avenidas de agua. Por estas razones el Parque presentó el 77% de su vegetación deteriorada, 19% de bosques y 4% de áreas perturbadas, (Díaz Ojeda, 1992).

Las autoridades encargadas del Parque Nacional Malinche han realizado varios esfuerzos para su conservación, entre los que destaca los señalados en el Programa Integral de Manejo del Parque Nacional Malinche Tlaxcala-Puebla (CGE, 1999), el cual propone un plan permanente de reforestación, así como de regulación en extracción de madera y leño. Para enfrentar la pérdida del recurso arbóreo el programa tiene también un apartado que se refiere a subzonas de recuperación, que son lugares que presentan deterioro por diferentes causas, y señala a la reforestación como medida de rescate. Así mismo para el área de aprovechamiento sustentable de agroecosistemas se señala la reforestación como tratamientos de recuperación (CGE, 1999).

Historia de la reforestación en el Parque Nacional Malinche

En el Parque Nacional Malinche (PNM) así como en otras zonas del estado de Tlaxcala se han realizado distintas campañas y programas de plantación de árboles. Los programas se pueden dividir en dos grandes tipos. El primer tipo de proyecto tiene como finalidad preservar el área natural protegida. Mientras que el segundo presenta características que nos permite agrupar los programas como apoyo para las comunidades.

Los registros de las campañas de reforestación se encuentran incompletos y en algunos casos los números corresponden a la densidad de plantación en el estado de Tlaxcala y no para el área del parque. El registro de los programas de reforestación forestal se presenta en la Tabla 1.

Dependencia responsable	Año	Superficie (ha)	Número de plantas	Observaciones
Gobierno de Joaquín Cisneros	1956-1962	600	175000	Plantaciones para protección de suelo y cortinas, además de magueyes y nopaleras
SARH	1987	1300	1835000	Reforestación de áreas forestales y suelos degradados
SARH	1988	35	4000000	
SARH	1989	24	2000000	Restablecimiento ecológico de cuencas, cortinas rompevientos, áreas verdes y para leña.
SARH	1991	140	140000	Plantas establecidas en Parque Nacional Malinche
SARH	1992		10000000	Creación del Comité Estatal de Solidaridad para ejecutar los trabajos de reforestación
COPLADET	1993		1132000	Programa para detener la degradación de Malinche
SDN	1996		800000	Zonas cercanas a Malinche
Gobierno de Tlaxcala	1997	120	131125	Áreas prioritarias decretadas, una en la porción este de Malinche se plantaron 600 ha con <i>Pinus spp.</i>
CGE	1999		500000	Seis áreas decretadas para restauración en el PNM <i>Pinus spp</i> y <i>Abies spp</i>
Comité Estatal de Reforestación	2000		712000	Dos áreas decretadas para restauración <i>P. pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i>
Consejo Técnico Consultivo Forestal	2001		700000	Zonas afectadas por incendio <i>Pinus pseudostrobus</i> y <i>P. montezumae</i>
SEDENA	2002		245000	
Total			491391	

Tabla 1. Relación de programas de reforestación forestal en PNM

Como se observa en la tabla, hay una clara evolución en cuanto a la selección de especies, pues en los primeros trabajos sólo se intentaba retener el suelo. Por lo que se utilizaron magueyes y especies impropias de un bosque, después estas especies fueron sustituidas por *Pinus spp* y *Abies spp*, y finalmente se comenzaron a seleccionar especies abundantemente distribuidas en el Parque. Además las áreas se comienzan a seleccionar con criterios de restauración.

Programas sociales

Los programas sociales realizados en Tlaxcala y los alrededores del Parque Nacional Malinche han sido para la comercialización, en el mismo estado, de productos frutales principalmente. Además de la plantación de magueyes y nopales (Tabla 2). Los programas sociales tampoco tuvieron seguimiento por lo que no es posible contar con una evaluación de su éxito, además que los programas no son exclusivos para el Parque y en algunos casos son inclusive estatales.

Tabla 2. Programas de apoyo a las comunidades en Tlaxcala y PNM

Dependencia responsable	Año	Número de plantas	Observaciones
Gobierno de Joaquín Cisneros	1956-1962		Huertos familiares: manzano, peral, durazno, higuera, nogal, tejocote y capulín
COPLADET	1991	20000	Peral y manzano en patios domésticos
SARH	1992	800000	Árboles frutales
SARH	1994	353580	Árboles frutales
SEDESOL	1995	2096000	Crédito a la palabra, por cada árbol sobreviviente 1 peso al siguiente año
SARH	1996	10000000	Creación del Comité Estatal de Solidaridad para ejecutar los trabajos de reforestación
COPLADET	1997	1409330	Árboles frutales, magueyes y nopales
Total		14678910	Plantas de diferentes especies con fines de ayuda a la comunidad.

A pesar de los esfuerzos de reforestación no se ha logrado una participación activa en el cuidado de los árboles, además de que no se han llevado a cabo adecuados planes de seguimiento y monitoreo de los sitios reforestados. Como se ha observado en La Malinche se han realizado numerosas reforestaciones, pero la CGE calcula una sobrevivencia sólo de entre 10 y 20% posiblemente por una mala selección de sitios, malas lluvias, método de plantación en campo, especies utilizadas y temporalidad inadecuada, (CGE, 2005-A). Sería importante conocer el comportamiento de las plantaciones realizadas, porque esto nos indicaría si las zonas deterioradas que se reforestaron han tenido una recuperación adecuada. Además las zonas donde se observara una recuperación exitosa podrían servirnos como modelo para realizar posteriores reforestaciones. Esto resalta la necesidad de contar con programas de monitoreo a largo plazo una vez que el esfuerzo de reintroducción de las plantas se ha realizado.

Reforestación 2005 en el Parque Nacional Malinche

En el año 2005 la Coordinación General de Ecología planteó la reforestación de 20 zonas dentro del Parque Nacional Malinche y su área de influencia. Las áreas fueron identificadas mediante sistemas de información geográfica, estudios básicos de vegetación y uso del suelo que realizó la CONAFOR en 2003 (CGE, 2005-a). Los criterios de selección de las áreas para reforestación en Malinche se basaron en los criterios de SEMARNAT (2000), en particular para considerar las áreas con el 10% y menos de cobertura forestal y las zonas decretadas para restauración por la contingencia por incendios del año 1998. Los polígonos de las 20 áreas propuestas se encuentran desde los 2000 m.s.n.m. hasta cerca de los 4000 m.s.n.m. y corresponden a distintas comunidades vegetales de *Pinus* y *Quercus* distribuidas en todo el área del parque correspondientes al Estado de Tlaxcala, ubicadas en los siguientes municipios: Ixtenco, Huamantla, Tetlanóhcan, Teolochocho, Zitlaltepec, Teacalco, y Mazatecochoco, con un total de 1,350 ha para ser reforestadas, con especies nativas: *Quercus crassipes*, *Q. rugosa*, *Pinus hartwegii*, *Pinus leiophylla*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobu* y *Abies religiosa*.

El objetivo del programa de reforestación en el Parque Nacional Malinche 2005 fue la plantación de 1.5 millones de árboles forestales dentro del parque en la temporada de lluvias del año 2005, considerando las diferentes técnicas de plantación y especies de acuerdo a los requerimientos de cada zona (CGE, 2005a).

En un documento preliminar sobre los resultados de la reforestación de 2005 en el Parque Malinche (CGE, 2005b) se explica que de los 20 polígonos propuestos se reforestaron únicamente nueve de los cuales Zacatonera, Pilares 1 y 2, Cerro San Marcos y Patio-CREA se encontraban descritos en el programa inicial, mientras que los otros 4 sitios (Tres Cruces, La Tenaja, Santanajo y Techichil) no se encontraban considerados en éste. El cambio se realizó debido a que uno de los criterios de selección de sitios fue sembrar plantas de las ya existentes en la zona y dadas las especies obtenidas en vivero sólo se reforestaron sitios donde existieran las especies *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus*.

OBJETIVOS

General

- Evaluar las áreas reforestadas en el año 2005 en el Parque Nacional Malinche, Tlaxcala, México.

Particulares

- Evaluar el estado general de las plántulas antes de ser transplantadas en el parque.
- Caracterizar las condiciones ambientales de los sitios reforestados.
- Monitorear y evaluar el crecimiento y las características de desarrollo de los árboles, así como la salud en las plantaciones.
- Analizar el efecto de las condiciones ambientales diferenciales y de las especies y su relación con el grado de éxito.

SITIO DE ESTUDIO

Caracterización del medio físico y biótico

En el sector oriental del Sistema Volcánico Transversal se encuentra el volcán Malinche (Figura 1), entre los estados de Tlaxcala y Puebla, con una superficie total de 1,326 km² ubicados entre los 19°00'38" y 19°25'46" norte y 97°50'38" y 98°15'38" de oeste (Castillo 2006). Parte del volcán fue decretado Parque Nacional en el año de 1938, con una superficie total de 45,852 ha de las cuales 31,419 se encuentran en el estado de Tlaxcala y 14,433 ha en el estado de Puebla (Gobierno del Estado de Tlaxcala y Puebla, 2001). En la actualidad el Gobierno del Estado de Tlaxcala se encarga de su administración a través de la Coordinación General de Ecología bajo un acuerdo entre ambos estados (CGE, 1999).

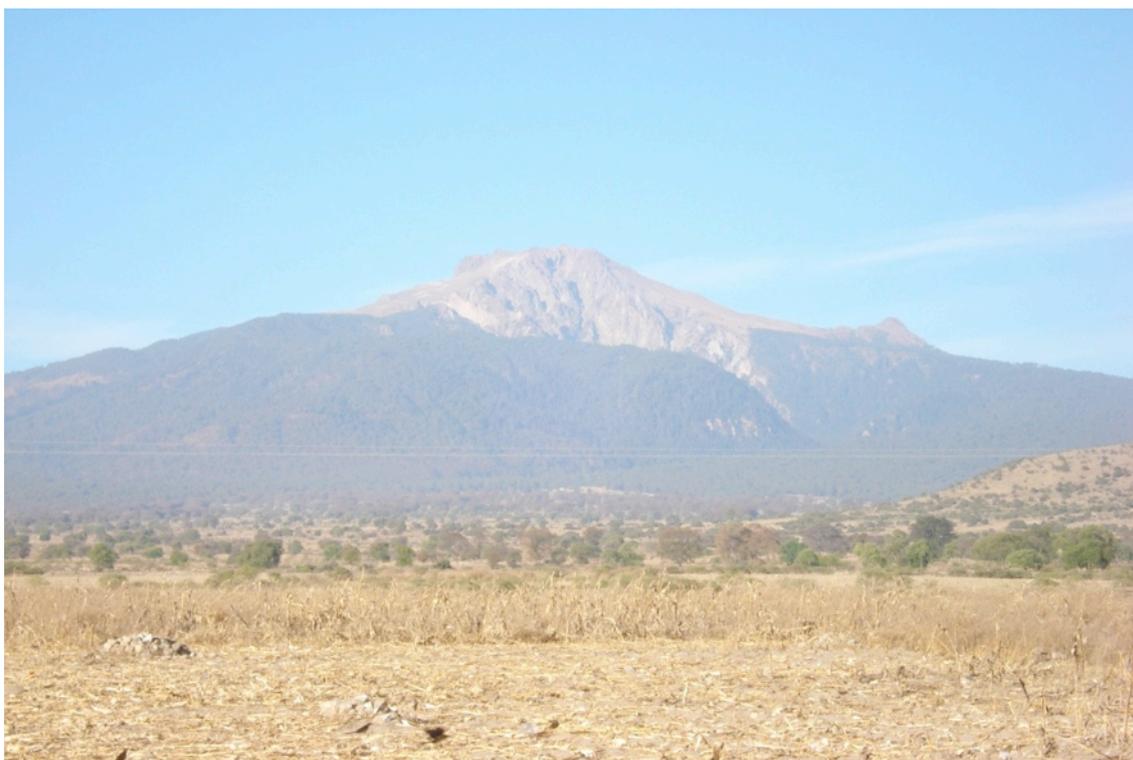


Figura 1. Vista del Parque Nacional Malinche, México.

La cima se encuentra parcialmente destruida, probablemente debido a la erosión glacial. Sobre las laderas se encuentran tres cráteres adventicios, uno en la ladera occidental y los otros dos en la ladera oriental, cerca de la cima (Castro-Gobea, 1999). El volcán presenta 10 tipos de suelo derivados de cenizas volcánicas, ocupando el 93% los regosoles, fluvisoles y cambisoles, el siguiente grupo corresponde a los litosoles y a los feozems que representan el 5% (Castillo, 2006).

Lauer *et al.* (1973) realizaron una clasificación climática para la zona de Tlaxcala y Puebla, con un análisis que integra altitud, temperatura, vegetación y precipitación. Su reporte indica que entre los 2,100 y 2,400 m.s.n.m. se encuentra un clima fresco semiárido semiseco. Entre los 2,400 y los 2,700, se localiza un clima semifrío semihúmedo semilluvioso. Entre los 2,700 y los 3,300 m el clima es frío semihúmedo semilluvioso. Las comunidades que se desarrollan en esos climas son de acuerdo con Rojas-García (2004).

- a. Bosque de encinos, que crece entre los 2,500 y 2,800 m.s.n.m. en el PNM, con las siguientes especies: *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. dysophylla*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*
- b. Bosque de pinos que corresponde a la comunidad vegetal de mayor extensión en el volcán Malinche, abarcando desde los 2,800 hasta los 3,600 m.s.n.m. La especie abundante *Pinus montezumae*, seguida de *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*.
- c. La comunidad de *Alnus* se distribuye entre los 3,150 y los 3,500 m.s.n.m. en Malinche con la especie *Alnus jorullensis* como dominante.
- d. En las barrancas se encuentra *Abies religiosa* entre los 2,700 y 3,800 y a partir los 3,600 a los 3,950 m.s.n.m. se encuentra la comunidad de *Pinus hartwegii*
- e. Zacatonal de alta montaña por encima de los 4000 m en el que se encuentra la especie *Juniperus monticola* que adquiere una forma de arbusto a esta altura (Villers *et al.*, 2006)

Por encima de los 3,300 a los 4,000 se presenta un clima helado semihúmedo semilluvioso y por encima de los 4,000 se clasifica como clima subhelado semihúmedo lluvioso (Lauer *et al.*, 1973).

Descripción de las especies utilizadas en la reforestación

Pinus montezumae Lamb. Especie descrita en 1832 por Aylmer Bouke Lambert.

Ecología. Rango altitudinal entre 1,150 a 3,150 m.s.n.m. mejor calidad 2,500, forma masas puras asociadas con *Pinus hartwegii* y *P. pseudostrobus*.

Suelos de origen volcánico con buen drenaje obscuras, migajón-arenoso, de 1-4 m de profundidad ricos en materia orgánica y nitrógeno.

Descripción botánica. Árbol de 20 a 35 m o más, presenta amacoyamiento los primeros tres años, excelente poda natural hojas 5 o 4, de 14 a 21 cm verde oscura. Conos largamente ovoides, cónicos, levemente asimétricos y algo encorvados. (Eguliz-Piedra, T., 1978)

Pinus pseudostrobus Lindley. Especie descrita por Lindley en 1839 mayor variación geográfica en México. Se cree puede cruzarse con *P. montezumae* de forma natural.

Ecología. Especie versátil forma masas puras extensas o se asocia con varias coníferas entre ellas *P. montezumae*, *Abies religiosa* y *Quercus* sp. Asociado en las partes bajas con frecuencia es dominante y a medida que asciende su distribución es más escasa; mejor calidad 2,500 m.s.n.m. aunque se distribuye desde los 1,600 hasta 3,250. Buen árbol resinero. Prefiere textura arenarcillosa y profundidad de entre 2-3m. buen drenaje. Abre conos en diciembre y enero.

Descripción botánica. Árbol de 15 a 25 m de altura o más, ramas extendidas y verticiladas, corteza liza, hojas en grupos de 5, de 17 a 25 cm acerrados; conos ovoides, asimétricos; semillas ligeramente triangulares obscuras de 6mm. (Eguliz-Piedra, T., op cit.)



Figura 2. Bosque de *Pinus montezumae*



Figura 3. Bosque de *Abies religiosa*

MÉTODO

Tres son los aspectos fundamentales que se analizan en la evaluación de la reforestación: la calidad de los sitios reforestados, la calidad de planta empleada y la evaluación del desarrollo del brinjal en plantación, el procedimiento para analizar este proceso se resume en la Figura 4.

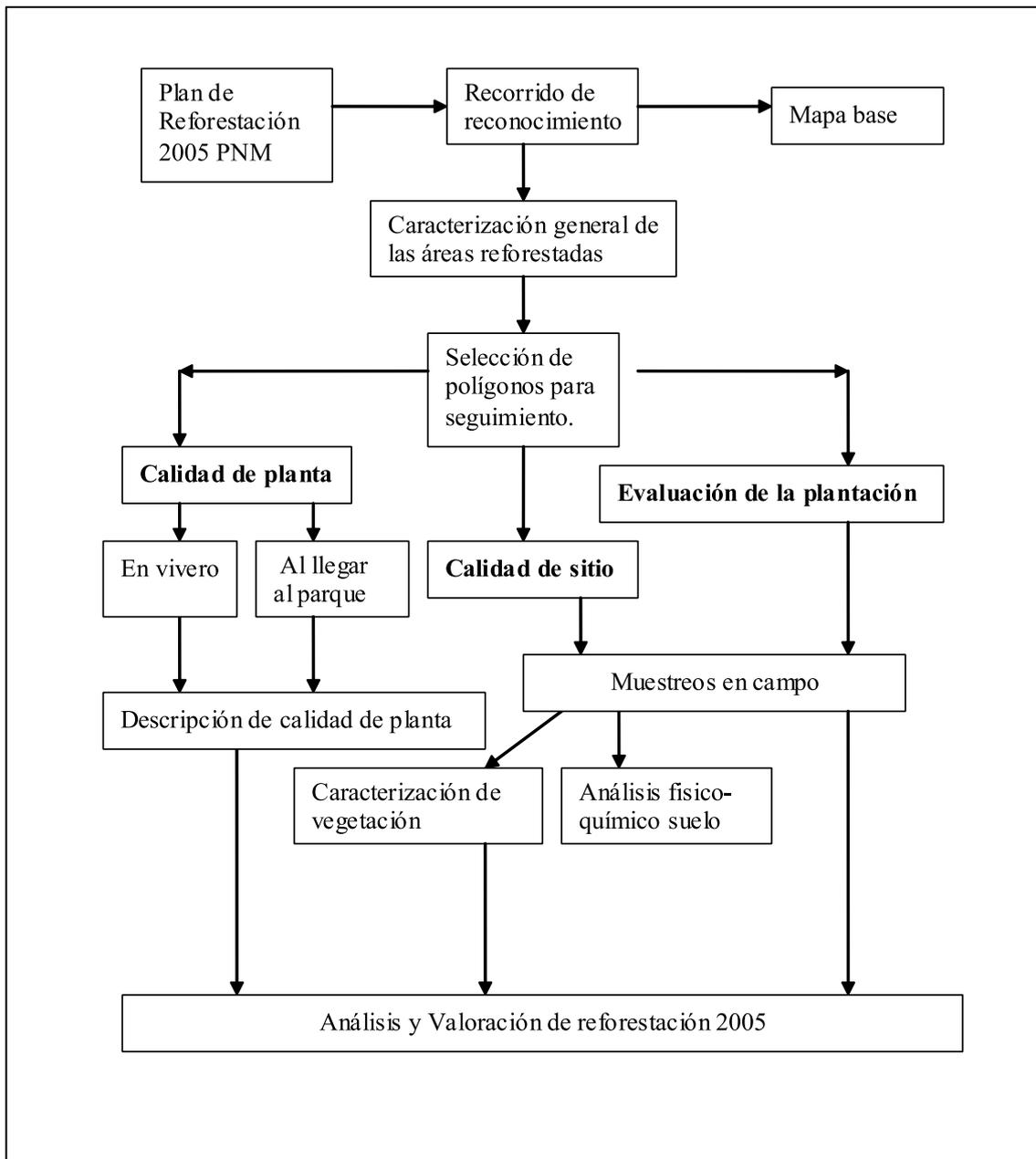


Figura 4. Diagrama de método

Mapa base y caracterización general de las áreas reforestadas.

Con el fin de obtener una caracterización general de cada sitio, se recopiló información acerca de las áreas reforestadas en agosto de 2005 dentro del Parque Nacional Malinche. Con base en la información documental proporcionada por la Coordinación General de Ecología-Tlaxcala (CGE-T) sobre las especies utilizadas, el número de brinzales colocados, y el perímetro de las áreas reforestadas, se realizaron recorridos de reconocimiento con el personal de campo que fue designado por las autoridades en los nueve polígonos reforestados y las áreas circunvecinas. En la caracterización y delimitación de los polígonos se tomaron en cuenta: el área propuesta por la CGE-T para ser reforestada, el tipo de comunidad original, la orientación de ladera y las áreas desprovistas de cobertura arbórea. También se consideraron: la cantidad y el tipo de gramíneas, la presencia de magueyes, la colindancia con zonas de agricultura y la cantidad de basura como indicadores de perturbación. Cada polígono se localizó en el campo y se registró el perímetro con GPS, esta información se ubicó sobre el mapa base de uso de suelo y vegetación de Rojas-García (2008). Este procedimiento se llevó a cabo por medio del sistema de información geográfica ARC VIEW 3.2.

Calidad de planta.

El estudio contempló la posible influencia de la calidad de planta antes de ser plantada en el área de reforestación, es decir las condiciones de la planta en vivero, así como su tratamiento (transporte y almacenamiento) antes de ser transplantadas, esto se realizó por medio de una entrevista (Anexo 1) con el encargado del vivero de donde fue extraída la planta. Se registró el método de germinación, siembra, nutrición y cuidados en vivero. Las plantas utilizadas para la reforestación 2005 procedían del vivero forestal Regional IV Balsas ubicado en el Estado de México. También se entrevistó al ingeniero Miguel Salinas encargado de la reforestación para el año 2005 por parte de la CGE-T. La entrevista se realizó para conocer el estado y tamaño en el que se encontraban las plantas al llegar al parque procedentes del vivero, el manejo

que se les dio antes de ser trasplantadas, así como información sobre los sistemas de plantación utilizados en campo y las áreas seleccionadas para reforestar. La información recabada en las entrevistas se complementó con material fotográfico de los brinzales al llegar al parque, proporcionado por el ingeniero Miguel Salinas de la Coordinación General de Ecología-Tlaxcala.

Con la información recabada en las entrevistas se realizó una descripción detallada de los métodos de germinación y desarrollo en vivero, así como un seguimiento desde el momento que los brinzales se entregaron a la CGE-T hasta su plantación, la descripción incluye figuras y cuadros, así como la relatoría de los distintos procesos que se llevaron a cabo.

Calidad de sitio

Muestreo y descripción de sitio. En los polígonos a los que se dio seguimiento al desarrollo de las plantas, se realizó en campo una evaluación sobre la calidad de los sitios iniciando con un segundo recorrido en cada uno de ellos para conocer las características físicas del terreno, aspectos generales de perturbación, manejo y erosión, así como especies y características de la comunidad vegetal original (Anexo 2). Durante el recorrido se hicieron colectas al azar de árboles maduros y del estrato herbáceo. Asimismo se realizó la colecta de aproximadamente 2kg. del horizonte A del suelo, en el centro del sitio.

Para perturbación se consideraron 8 características indicadoras (quemado, ocoteado, suelo desnudo, pasto, presencia animal, humana, plagas y basura), marcando en cada sitio la presencia o ausencia de estos 8 indicadores. En el caso de manejo se consideró la presencia o ausencia de tinajas ciegas, brechas y cercas vivas, en los sitios seleccionados. La información se ordenó en una tabla y se consideró como sitio con perturbación alta el que tuviera presencia de 6 o más indicadores, el de nivel medio es el que presenta valores entre 5 y 3; finalmente el de nivel bajo fue el que presentó un total de 2 o menos indicadores en la tabla. En el caso de manejo se consideró el sitio con mayor manejo el que presentara un total de 3, el de mediano manejo 2 y bajo 1.

Análisis del suelo y vegetación. El material botánico colectado, así como las muestras de suelo, permitieron detallar mejor las condiciones de los sitios reforestados como es la composición del suelo, así como caracterizar la vegetación original. Para la composición del suelo las muestras del horizonte A se colocaron en bolsas de polietileno para su transportación, previamente etiquetadas. El análisis se realizó en el Laboratorio de Edafología del Departamento del Hombre y su Ambiente de la UAM-X.

Los análisis de suelo que se realizaron fueron: densidad aparente, por el método de probeta de acuerdo con Aguilera, (1989); densidad real por el método del picnómetro (Baver, 1973); porcentaje materia orgánica y el carbono orgánico por el método de *Walkley y Black*, (1947); pH con agua y cloruro de potasio, en relación 1:2.5 utilizando un pHmetro Cornig 220 con electrodo de vidrio (anexo 3).

Para describir y caracterizar el estrato arbóreo se colectaron muestras botánicas de todas las especies arbóreas presentes en el sitio. Cada muestra se rotuló con el número de sitio y número de muestra para su determinación en el laboratorio de Ecosistemas de Montaña de la Facultad de Ciencias, UNAM. Posteriormente se cotejaron con ejemplares de herbario. Una primera aproximación a la determinación en campo se hizo utilizando la guía botánica del Parque Nacional Malinche Tlaxcala-Puebla (Villers, *et al.* 2006).

El análisis e interpretación de los resultados de laboratorio se relacionó con la información recabada en campo y la obtenida durante la fase de recopilación e integración de trabajos anteriores que se han realizado en la zona.

Evaluación de la plantación en campo

Con ayuda del mapa base y la tabla de caracterización general se procedió a seleccionar cinco de las nueve áreas reforestadas en agosto de 2005. Las áreas a las cuales se les dio seguimiento fueron las que representan de mejor manera las distintas condiciones encontradas en las áreas reforestadas, de acuerdo a la caracterización de los sitios, con el fin de evaluar la gama de condiciones ambientales presentes y la posible influencia de la calidad del sitio

en los resultados de la reforestación. Las áreas reforestadas en el PNM son coetáneas y se plantaron dos especies del mismo género. Villa-Salas (1993) sugiere que la intensidad de muestreo para este tipo de plantaciones sea el equivalente al 0.04% del área referente. El cálculo del área de muestreo se hizo considerando el área por polígono y el porcentaje sugerido por este autor. Existen diversas formas de áreas de muestreo en general pueden ser cuadrados, rectángulos o círculos. Para este estudio se utiliza la forma más común en evaluaciones forestales de bosques templados y fríos, el círculo. En mediciones de árboles con un diámetro menor a 10 cm y zonas repobladas, Villas Salas (*op. cit.*) propone utilizar círculos menores de 1000 m². Por este motivo para este trabajo se eligió un círculo con un radio de 8.9 m, es decir, un área total de 250 m² por círculo.

Las variables a valorar por planta en los polígonos reforestados son los propuestos por SEDESOL (1993). Con ellos se pretende estimar: el crecimiento, sobrevivencia, salud, integridad morfológica y vigor de las plantas. En seguida se señalan los parámetros evaluados sistemáticamente en las áreas seleccionadas.

- Altura total: para calcular crecimiento.
- Diámetro de copa y diámetro de base de tronco: para calcular biomasa.
- Sobrevivencia: conjunto de individuos encontrados vivos del total de los plantados, por unidad de espacio/tiempo.
- Salud: conjunto de individuos que no presentan indicios de enfermedades o daños por plagas en tallo, ramas y follaje/yemas del total de los plantados por unidad de espacio/tiempo.
- Integridad morfológica: conjunto de individuos que presentan tallo(s), ramas y follaje/yemas completos en función del total plantados por unidad de espacio/tiempo.
- Vigor: conjunto de individuos con color característico de la especie, consistencia del ramaje y tallo dura pero flexible y follaje abundante y tiene yemas vivas del total de los plantados, por unidad de espacio/tiempo.

Las evaluaciones se realizaron para cada una de las 5 áreas seleccionadas, cada mes y medio a partir de abril y hasta noviembre de 2006, es decir 8 meses después de haber sido sembrados los brinzales.

Análisis y valoración de la reforestación

- Número total de plantas por sitio

En cada toma de datos se contabilizaron todos los brinzales encontrados tanto vivos como muertos, estos datos se agruparon por sitio. El promedio de individuos encontrados (vivos y muertos) por área de muestreo en cada sitio se extrapola al área total reforestada con el fin de calcular la densidad de individuos por área reforestada.

- Sobrevivencia

A partir del número de brinzales totales por sitio se procedió a conocer el número de árboles que sobrevivieron durante el período del estudio, con el cual se estimó el porcentaje de sobrevivencia por sitio así como la sobrevivencia total.

- Crecimiento de los brinzales

En cuanto al crecimiento de los brinzales, se realizaron diagramas de caja y bigote que permiten observar la distribución de los valores respecto a las variables, altura, diámetro de copa y diámetro de base. Estos diagramas demuestran visualmente la dispersión de las observaciones realizadas en campo en cada uno de los sitios.

- TRC (*relative growth rate*) por sitio y especie.

La TRC es la medida principal de análisis de crecimiento y se define como la ganancia de biomasa por unidad de biomasa y tiempo (Villar *et al.*, 2004) Se calcula a partir de la fórmula 1, que permite medir el incremento en longitud por unidad de tiempo ($\text{cm} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$), (Hunt y Parsons, 1974)

$$\text{TRC} = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1) \quad (\text{formula 1})$$

Donde:

TRC = tasa relativa de crecimiento

P1 = longitud en el tiempo 1

P2 = longitud en el tiempo 2

T = diferencia de tiempo ($t_2 - t_1$)

A partir de la altura inicial total se calculó la tasa de relativa de crecimiento con la fórmula anterior en cada uno de los sitios por especie.

- Área de copa

La cobertura foliar de las plántulas (diámetro de copa), se midió tomando el diámetro mayor en la copa del brinzal, en centímetros. Con los datos obtenidos de las cinco mediciones, se obtuvo el área de copa (en cm^2) por sitio y por especie, además de un promedio por sitio. El diámetro de copa se calculó con base en la fórmula 2, que corresponde al cálculo del área de un círculo:

$$\text{Área de copa} = \pi \cdot (d/2)^2 \quad (\text{fórmula 2})$$

Los resultados se graficaron para observar las diferencias entre los sitios.

- Influencia del sitio y la especie en el desarrollo de la plantación

Para relacionar las variables de la calidad del suelo con las variables cuantitativas del comportamiento de los brinzales, se realizaron regresiones lineales múltiples con la paquetería Stata versión 9.1, para lo cual se creó una base haciendo un promedio de las variables: altura total, diámetro de base y diámetro de copa por cada fecha de medición en campo. En cuanto a las variables de suelo, dado que no se modifican sustancialmente a través del tiempo, el mismo valor fue utilizado para compararlo contra las 5 distintas mediciones realizadas durante el estudio. Lo que se trata de explicar con dichos modelos es el comportamiento del diámetro de la base, diámetro de copa y altura en función del resto de las variables de suelo con el objetivo de conocer cuáles de las variables independientes explican mejor el comportamiento de las variables dependientes (altura total, diámetro de base, diámetro de copa). Las variables independientes que se consideraron para la estimación fueron: densidad aparente, densidad real, carbono orgánico, pH, humedad, materia orgánica, porosidad y especie. Esta última es una variable que se creó para identificar si el tipo de especie utilizada en la reforestación tiene alguna influencia explicativa para las diferencias en el comportamiento de las variables dependientes, así su valor es binomial donde 1 representa *Pinus montezumae*, y 0 *P. pseudostrabus*.

- Índices de crecimiento y salud de la planta

Los indicadores que se consideraron para evaluar el crecimiento y la salud de las plantaciones fueron:

- a. integridad morfológica,
 - 1=completo
 - 2=incompleto
- b. color de hojas
 - 1=verde
 - 2=amarillo
 - 3=café
- c. enfermedad:
 - 1=ausencia
 - 2=presencia
- d. follaje
 - 1=abundante
 - 2=medio
 - 3=nulo
- e. yema apical
 - 1=presente
 - 2=ausene
- f. consistencia
 - 1=tallo flexible
 - 2= no flexible 2

En este modelo, la calidad ideal sería 6 y cualquier valor mayor a 6 indica una calidad menor, un valor de 14 corresponde a la menor calidad posible. Cada uno de los indicadores se midió en cada planta durante las 5 tomas de datos en todos los sitios, el valor de cada indicador se sumó, para conocer la calidad de la planta individual, una vez obtenido este valor fue promediado por la medición mensual. De esta forma es posible conocer el desarrollo y salud de la plantación por sitio, así como por medición.

RESULTADOS

Mapa base

Los nueve sitios reforestados en el año 2005, de acuerdo con el tipo de vegetación reportado para la zona por Rojas García (2008), se encuentran localizados en la comunidad de pino. La mayoría de las áreas están en la zona límite entre las destinadas a la agricultura y el bosque, por lo tanto, son áreas altamente perturbadas por la influencia de la acción humana y fueron determinadas como prioritarias para su restauración y conservación por la Coordinación General de Ecología-Tlaxcala (Figura 5).

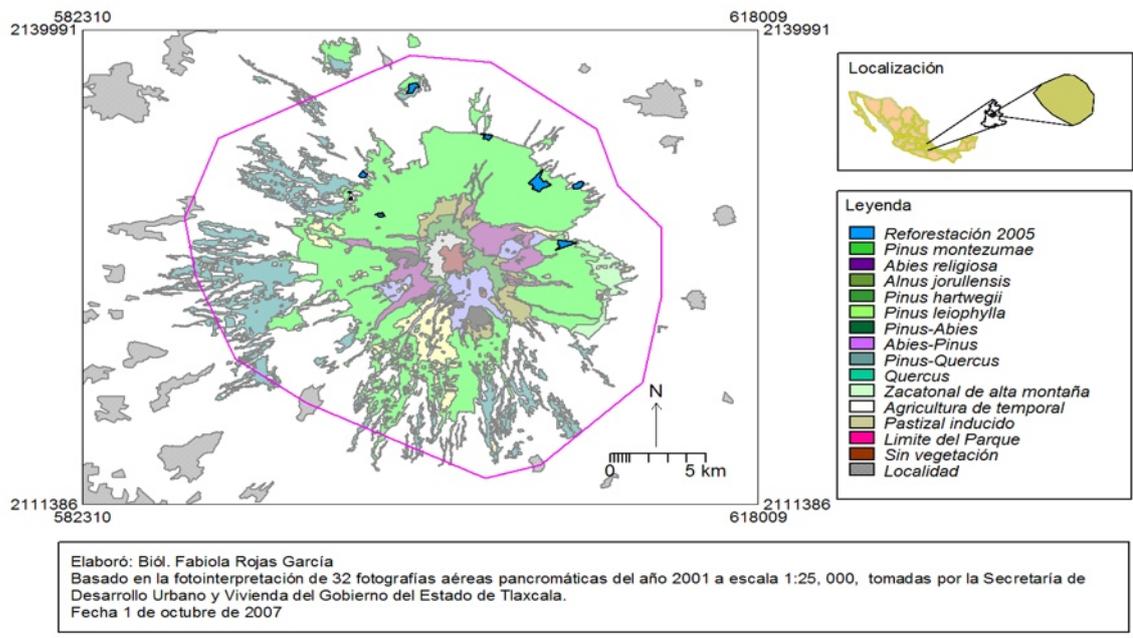


Figura 5. Mapa de las áreas reforestadas en el Parque Nacional Malinche en el año 2005 (color azul).

Caracterización general de los polígonos reforestados 2005

La descripción de los polígonos incluye el nombre para la identificación del polígono, el perímetro, la superficie, la especie o especies utilizadas en la reforestación y una descripción general sobre la vegetación original y las condiciones del sustrato imperantes. (Tabla 3)

Tabla 3. Caracterización general de los polígonos reforestados en el año 2005 en el Parque Nacional Malinche.

Nombre de la localidad	Perímetro (m ²)	Superficie (ha)	Uso de suelo	Especie(s) reforestadas	Caracterización general
Cerro San Marcos	2424.3	24	Forestal	<i>P. montezumae</i>	Comunidad de pino-encino. Suelo pedregoso, presencia magueyes (<i>Agave spp</i>) y poca humedad.
CREA-Las Cabañas	3247.7	18.4	Forestal y de recreación	<i>P. montezumae</i> y <i>P. pseudostrobus</i>	Comunidad de pino que delimita la zona plantada, presenta gramíneas, otras herbáceas y magueyes (<i>Agave spp</i>).
La Tenaja	713.2	2.9	Agrícola	<i>P. pseudostrobus</i>	Antiguo campo de cultivo, magueyes y arbustos,
Pilares I	4692.0	56.8	Forestal y Pastoreo	<i>P. montezumae</i> y <i>P. pseudostrobus</i>	elementos de pino bordeando el polígono Comunidad de pino con rastros de incendio al igual que
Pilares II	1847.7	11	Forestal y agrícola colindante	<i>P. montezumae</i> y <i>P. pseudostrobus</i>	pastoreo Comunidad de pino. Cultivos alrededor del polígono .
Santanajo	1488.6	13.1	Forestal	<i>P. montezumae</i>	Pinos a la orilla, junto al camino magueyes y basura.
Techichil	1704.3	7	Forestal	<i>P. montezumae</i>	Comunidad de aile y encino.
Tres Cruces (Cahuatla)	748.5	2.3	Agrícola	<i>P. pseudostrobus</i>	Comunidad de pino. Pinos de diversas edades por haber sido introducidos en reforestaciones anteriores, daño por pastoreo y basura
Zacatonera	2321	11.2	Pastoreo y agrícola colindante	<i>P. montezumae</i>	Comunidad de pino incendiada. Gramíneas en toda el área, pocos árboles adultos.
Área total		146.7			

El área total reforestada en el año 2005 fue de 146.7 ha distribuidas en 9 sitios. Los sitios se encuentran en comunidades de pino con diferentes asociaciones. En CREA-Las Cabañas, Techichil y Cerro San Marcos se observaron diferentes asociaciones de encino y aile, por lo que se seleccionaron dos áreas. La reforestación de mayor superficie fue Pilares I y la de menor superficie fue Tres Cruces. La mayoría de los sitios tenían un uso de suelo forestal aunque Pilares I, Pilares II, Santanajo y Zacatonera presentan rastros de pastoreo clandestino asociado a su cercanía a zonas agrícolas, por lo que de estas cuatro áreas se seleccionó Zacatonera,

La inaccesibilidad de los sitios también fue criterio de exclusión para: Pilares I, Santanajo y Techichil. Tanto Tres Cruces (Cahuatla) como La Tenaja son antiguos campos de cultivo y Crea-Las Cabañas se encuentra muy cerca de una zona de campamento.

Finalmente las cinco zonas elegidas fueron: Cerro San Marcos, CREA-Las Cabañas, La Tenaja, Tres Cruces y Zacatonera, que representan las diferentes comunidades vegetales en las que se realizaron las reforestaciones y presentan condiciones de disturbio y de humedad mejor diferenciadas, representando los 9 sitios.

La especie más utilizada en la reforestación fue *P. montezumae* que se utilizó en 7 de los 9 sitios, aunque en el caso de CREA-Las Cabañas, Pilares I y II se utilizaron ésta y *P. pseudostrobus*. Sólo en los sitios La Tenaja y Tres Cruces se utilizó *Pinus pseudostrobus*.

Calidad de planta

Características de las plantas en vivero

Para conocer la calidad de la planta utilizada en esta investigación se realizó una visita al Vivero Forestal "G. T. F. Roberto Centeno Castillo". Gerencia Regional IV Balsas, el cual se encuentra en el Estado de México y es de donde se obtuvieron las plantas para la reforestación del año 2005 del Parque Nacional Malinche. El vivero depende de SEMARNAT y CONAFOR, se

encuentra bajo la responsabilidad de Filogonio Monroy González y Ezequiel Hernández. En el lugar trabajan 56 personas permanentes durante todo el año y entre 160 a 180 personas en los meses de noviembre, diciembre y enero que es cuando la actividad del vivero es más intensa.

El vivero forestal tiene una extensión total de 50 hectáreas con una superficie en producción de 10 ha, dentro de las cuales se reproducen las siguientes especies: *Pinus ayacahuite*, *P. gregii*, *P. pseudostrobus*, *P. hartwegii*, *P. patula* y *Cupressus lindleyi*. La producción es distribuida prioritariamente en la región VII del estado de México, la cual comprende los municipios de: Jilotepec, Polotitlan, Villa del Carbón, Aculco, Chapa de Mota, Soyalquilapan y San Andrés Timilpam y cuando hay excedentes de producción por medio de un convenio con CONAFOR se distribuyen en otros estados, fue así que en el año 2005 este vivero surtió plantas de *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* al Parque Nacional Malinche (PNM).

La semilla para ambas especies se colecta en el Estado de México (región VII principalmente) pero en algunas ocasiones también se recolecta de los estados de Michoacán y Puebla. La colecta de semillas se realiza dos meses antes de empezar el proceso de germinación y la especie de semilla arbórea que se coloca a germinar depende de CONAFOR. Una vez colectadas las semillas se colocan en un banco de germoplasma con temperatura controlada. El proceso de germinación se realiza en invernadero y dura entre 20 y 25 días dependiendo de la especie, una vez que la planta alcanzó una altura aproximada de 2.5cm se procede al trasplante. La tierra que se utiliza en este proceso es la denominada tierra de monte o tierra negra, la cual es rica en nutrientes orgánicos y es tratada en vivero con Furadan para evitar el ataque de algunas plagas o animales que viven en el suelo como por ejemplo *Phyllophaga vetula*, conocida como gallina ciega.

- **Descripción de los métodos utilizados para la reproducción de las especies utilizadas en la reforestación 2005.**

Para la reproducción en vivero de las especies utilizadas en la reforestación del PNM se utilizaron dos sistemas de trasplante, el tradicional en bolsa, consiste

en llenar bolsas de 10 x 20 con tierra de monte en donde se coloca una plántula de *Pinus montezumae* por bolsa. Una vez embolsadas se colocan en el piso en líneas de aproximadamente 10 m de largo (las áreas reciben sombra de la vegetación de circundante), se dan riegos constantes con manguera.

El segundo sistema para *P. pseudostrobus* denominado de charola o chileno, consiste en utilizar charolas rectangulares hechas de unicel con un tamaño aproximado 1 x 0.7m, dentro de las cuales se encuentran pequeños compartimentos rectangulares con un área aproximada de 4 cm² de diámetro donde se coloca una mezcla de 30% de tierra negra (limpia) y 70% de corteza. En cada orificio se coloca una plántula, posteriormente las charolas se colocan sobre una estructura con una altura de 1m que tiene en la parte de arriba un sistema de riego, el cual se mueve por todas las charolas. El área se encuentra protegida por malla para evitar demasiada evapotranspiración.

Ambos sistemas presentan algunas similitudes como la cantidad de riego, el tipo de fertilizante utilizado, en ambos casos se micorrizan las plantas pero también existen diferencias en cuanto al sistema de plantación en aspectos como el tipo de recipiente, la mezcla entre tierra negra y corteza y el tamaño de la planta al sacarla en vivero. Las diferencias y similitudes entre ambos sistemas se describen en Tabla 4.

Tabla 4. Comparación entre los sistemas de crecimiento, utilizados en vivero.

Características	Sistema Tradicional de bolsa (utilizado para <i>Pinus montezumae</i>)	Sistema de Charola o chileno (utilizado para <i>Pinus pseudostrobus</i>)
Contenido de tierra negra (limpia)	100%	30%
Contenido de corteza u otro material	Ocasionalmente acículas secas	70% corteza
Tipo de recipiente	Bolsa	Charola
Tamaño del recipiente	10 x 20 cm	4 cm de diámetro
Mejoradores de suelo y micorrización	PHC, biopack, irrigospor (inoculante sólido) o ectomicorriza (por aspersión)	PHC, biopack, irrigospor (inoculante sólido) o ectomicorriza (por aspersión)
Sistema de riego	Monoaspersión y fertirrigación	Monoaspersión y fertirrigación
Frecuencia de riego	Diario: una muy temprano en la mañana y otra en la tarde	Diario: una muy temprano en la mañana y otra en la tarde
Tamaño de la planta al salir de vivero	De 20 a 30cm o hasta 50 cm	Entre 10 y 20cm

Características de la planta al llegar al PNM

Existe una gran diferencia en el tamaño de los brinzales al llegar al PNM. El tamaño promedio de los brinzales de *Pinus montezumae* fue de alrededor de 30 cm mientras que la de *P. pseudostrobus* fue de 15 cm. Esta diferencia en el tamaño se debe al sistema de crecimiento ya que la bolsa permitió un mayor crecimiento para *P. montezumae*, mientras que el espacio de la charola al ser reducido impide el crecimiento del sistema radicular y por lo tanto de la altura para *P. pseudostrobus*. El tamaño de los brinzales al llegar al Parque y los sistemas de reproducción realizados en vivero se muestra en las Figuras 6 y 7.



Figura 6. *Pinus montezumae* al llegar al PNM. Sistema de crecimiento: tradicional en bolsa

Figura 7. *Pinus pseudostrobus* al llegar al PNM. Sistema de crecimiento: en charola o sistema chileno.

Fotos: Ing. Miguel Salinas, CGE-T

- **Transporte y almacenamiento.**

El traslado de las plantas del vivero al PNM fue realizado por la Coordinación General de Ecología del Gobierno del estado de Tlaxcala (CGE-T). La noche previa al traslado las plantas fueron sometidas a un riego abundante y una vez llegando a los lugares donde se depositaron mientras se comenzaban los trabajos de reforestación se repitió el riego abundante. En la mayoría de los

casos la aclimatación en los lugares de depósito no fue mayor a un día, antes de ser llevadas al lugar de reforestación. Los lugares de depósito se describen en el Tabla 5, así mismo se señalan el número total de plantas que se almacenaron y el destino final de las plantas.

Tabla 5. Centros de almacenamiento de planta en PNM.

Centro de acopio	No. de plantas almacenadas	Sitios / Parajes reforestados
Caseta cinco (PNM)	100000	CREA- El Patio
Biótico (PNM)	200000	Pilares 1 Pilares 2 La Zacatonera
Escuela primaria de Teacalco	66350	Cerro San Marcos
Caseta dos (PNM)	91391	Techichil Cahuatla Santanajo
Escuela primaria de Mazatecochco	33650	La Tenaja
Vivero del Alto, Chiautempan.	60,000	Otras zonas forestales (ONG's y mpios.)
	160,000	*En Resguardo para 2006
Malinche – Puebla	33800	**Puebla, Amozoc, Tepatlaxco
Zonas forestales N y W de Tlaxcala	20,000	**Ej. M. Matamoros, Tlaxco **Ej. Calpulalpan
Total	765191	

* En Resguardo, para el siguiente año

** Plantadas fuera del Parque Nacional Malinche

Fuente CGE-T 2005-B, pág. 8

No todas las plantas recibidas fueron utilizadas en la reforestación 2005 del Parque, una parte se reservó para la reforestación del siguiente año, aunque no se realizó y otros lugares. Las especies recibidas para los trabajos de reforestación del parque y el número total de brinzales por especie, se encuentran descritas en Tabla 6. De las especies recibidas sólo se utilizaron *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*. Las especies *P. gregii* y *P. patula* fueron reservadas para el siguiente año, ya que las plántulas eran muy pequeñas.

Tabla 6. Especies y número total de plantas recibidas para reforestación del PNM.

Especies (Nom. Común / Nom. Científico)	Cantidad
Pino blanco (<i>Pinus pseudostrobus</i>)	390000
Pino real (<i>Pinus montezumae</i>)	261391
* Ocote (<i>Pinus greggii</i>)	84400
* Ocote colorado (<i>Pinus patula</i>)	29400
Total	795191

Fuente CGE-T 2005-B, pág. 5

- **Reforestación y transplante**

Las actividades de reforestación se iniciaron en la tercera semana de julio del año 2005 y concluyeron en agosto del mismo año (CGE-T, 2005-b), con un total estimado de 491,391 brinzales plantados, repartidas en los 9 polígonos de 5 diferentes municipios que están dentro del PNM. Existe una diferencia entre el número total de plantas almacenadas y el número total de plantas sembradas en las áreas previstas para ser reforestadas en el año 2005, ya que algunas plantas fueron colocadas fuera de los límites del PNM y otra parte se recibió al final de los trabajos de reforestación, por lo que se almacenaron para el siguiente año.

Tabla 7. Superficie reforestada y número de plantas sembradas por área en 2005.

Municipio	Nombre del área reforestada	Superficie (ha)	Número de plantas
Mazatecochco	La Tenaja	31	33650
Teacalco	Cerro San Marcos	58	63271
	Techihchil	35	29992
Tetlanohcan	Cahuatla	24	18231
	Santanajo	47	43169
Zitlaltepec	CREA –Las Cabañas	88	95723
	Pilares 1	120	131125
Huamantla	Pilares 2	20	21780
	La Zacatonera	50	54450
Total		453	491391

Fuente. CGE-T, 2005b

Para los trabajos de plantación en el parque se utilizó el denominado sistema “cepa común”, utilizando palas y plantadores manuales. El caso de la

pala se utilizó para la plantación de *P. montezumae*. El sistema consistió en cavar hoyos de aproximadamente 40 cm de diámetro y 40 cm de profundidad, insertar el brinzal en la parte central y dejando un borde alrededor, con lo cual se ayuda a una mejor captación y aprovechamiento de agua. La distancia entre brinzales fue de 3 metros. Para *P. pseudoastrobus* se utilizó la herramienta denominada “plantador manual”, ya que por el tamaño de los brinzales de esta especie es mucho más conveniente. La técnica consistió en cavar con el plantador manual orificios de aproximadamente cinco centímetros de diámetro y una profundidad no mayor a 10 cm, en el orificio se coloca el brinzal y se tapa cuidadosamente. Con este método no se estableció ninguna distancia entre brinzales, el criterio fue colocarlos en suelo desnudo y no muy cerca de árboles adultos. El esfuerzo de plantación del año 2005 fue de 49% de la meta propuesta para el mismo año, por lo que para el año 2006 se consideró reforestar el 51% faltante.

Calidad de sitio

A continuación se describen los 5 sitios seleccionados, incluyendo la orientación de ladera, pendiente, relieve, tipo de suelo, color en húmedo, pedregosidad, uso de suelo, nivel de perturbación y manejo.

Sitio “Cerro San Marcos”. El sitio es una estructura independiente y homogénea ubicada en el piedemonte del volcán con una altura máxima de 3150 msnm. El polígono reforestado se encuentra a una altitud de 2813 m.s.n.m., con una orientación de 25° sureste, con dos pendientes bien definidas: en la parte baja la pendiente es de 15° mientras que en la parte alta de 19°. Este cerro se encuentra ubicado en la parte de transición entre el piedemonte alto y bajo del volcán La Malinche, presenta un relieve abrupto, con gran cantidad de rocas, áreas descubiertas de vegetación y muy poca humedad. La tipo de suelo es Regosol.

El suelo presenta una textura areno-migajosa, con un color en húmedo pardo oscuro (10YR 4/3), con una pedregosidad alta de forma poliédrica subangular debilmente desarrollada y consistencia friable. Presenta erosión

acelerada de suelo laminar y en cárcava (más del 75%) con un contenido bajo de raíces. El lugar muestra uso de suelo forestal, con un nivel alto de perturbación y bajo nivel de manejo.

La vegetación está integrada por especies de *Quercus* y *Pinus*, entre las que se encuentran *Pinus teocote*, *P. pseudostrobus*, y *Quercus crassifolia*, distribuidos en pequeños manchones. En el sotobosque se presentan pastos amacollados y gran cantidad de suelo desnudo.

Sitio “CREA-Las Cabañas”. Se encuentra a una altitud de 3020 msnm, con una orientación de 40° SE, con una pendiente de 6°, y está ubicado en el piedemonte del volcán La Malinche. El sitio presenta un relieve predominantemente plano, con una gran cantidad de pastos alrededor y mayor humedad comparada con los otros sitios. El de suelo es un Regosol con un suelo enterrado (Fiosem)

La muestra de suelo presenta una textura limo-arenosa, con un color húmedo negro (10YR 2/1), es un horizonte con una pedregosidad muy escasa, de forma poliédria subangular con consistencia friable. Presenta un nivel alto (más de 75%) de depositación laminar con un contenido alto de raíces. El lugar muestra un uso de suelo forestal y de recreación anterior a la reforestación, con un nivel medio de perturbación y medianamente manejado.

La vegetación está integrada por especies de *Alnus jorulensis* y *Pinus montezumae*.

Sitio “La Tenaja”. Se encuentra a una altitud de 3010 msnm con una orientación 25° noroeste, el sitio presenta una pendiente de 4°, ubicada en el piedemonte del volcán La Malinche. El sitio es una antigua área de cultivo presenta un relieve plano, con algunos indicios de los antiguos surcos de la siembra así como gran cantidad de áreas sin vegetación. El tipo de suelo es un andosol mólico vítrico.

La muestra de suelo presenta una textura areno-limosa, con un color en húmedo pardo oscuro (10YR 3/3), es un horizonte con una pedregosidad nula, presenta una consistencia friable, es ligeramente adhesiva y ligeramente plásitica, con gran cantidad de raíces de tamaño fino; presenta depositación

laminar alta (más 75%). El lugar muestra un uso de suelo agrícola, anterior a la reforestación, con un alto nivel de perturbación y medianamente manejado por lo que la vegetación se encuentra altamente modificada alrededor del sitio de plantación se encuentran *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus*.

Sitio “Tres Cruces (Cahuatla)”. Se encuentra a una altitud de 3000 msnm con orientación al este, el sitio presenta una pendiente de 4°, ubicada en el piedemonte del volcán La Malinche. El relieve es plano, con presencia de magueyes, acículas de pino y gramíneas. El tipo de suelo es un Andosol.

La muestra de suelo presenta una textura franco-arenosa, con un color en húmedo pardo oscuro (10YR 3/3), es un horizonte con una pedregosidad mediana de tipo poliédrica subangular, el suelo tiene una consistencia friable, es ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, y hay abundantes hormigas y “gallinas ciegas” (*Caprimulgus longirostris*), presenta depositación laminar alta (más 75%). El lugar muestra un uso de suelo agrícola, anterior a la reforestación, con un nivel medio de perturbación y medianamente manejado.

Se trata de un antiguo campo de cultivo que presenta gran variedad de especies que indican perturbación, entre las cuales se encuentran *Lupinus elegans*, el cual también indica incendios recientes y gramíneas como *Muhlenbergia macroura*. En cuanto al estrato arbóreo se encuentra representado por *Pinus pseudostrobus*.

Sitio “Zacatonera”. A una altitud de 2949 msnm con una orientación 15° noreste, el sitio presenta una pendiente de 6°, ubicada en el piedemonte del volcán. El relieve es ondulado, con rastros de quemas constantes y campos de cultivo alrededor del sitio, así como antiguas reforestaciones de distintas edades. El suelo es un Regosol.

La muestra de suelo presenta una textura arcillo-arenosa, con un color en húmedo negro (10 YR 2/1), es un horizonte con una pedregosidad media de tipo poliédrica subangular, el suelo tiene una consistencia friable es ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, con raíces abundantes, presenta depositación baja (menos de 25%). El lugar muestra un uso de suelo forestal, anterior a la reforestación, con un nivel de perturbación medio y altamente manejado.

El sitio se encuentra muy cerca de campos de cultivo, y presenta poca vegetación arbórea, alrededor del polígono reforestado se observan antiguas reforestaciones de *Pinus* de diferentes edades y algunos árboles maduros de *Pinus montezumae*.

- **Características físico-químicas del suelo**

Tabla 8. Características físicas y químicas de los suelos en los cinco sitios estudiados.

Sitio	D.a	Dr	pH	Humedad	MO	C	Porosidad	Nitrógeno
	(g/cm ³)							
1. Cerro San Marcos	1.4	2.7	6.3	13.7	0.8	0.5	48.1	0.04
2. Las Cabañas	0.8	2.3	5.8	33.2	6.6	3.8	63.0	0.1
3. La Tenaja	1.0	2.6	6.1	20	2.1	1.2	61.5	0.33
4. Tres Cruces	1.0	2.5	5.8	16.7	5.0	2.9	60.0	0.09
5. Zacatonera	0.8	2.5	6.3	28	1.7	1.0	68.0	0.25

D.a.= Densidad aparente; M. O.= Materia Orgánica; C = Carbono orgánico; D.r = Densidad real

- **Características físicas.** Los valores más altos tanto para densidad real como densidad aparente los presenta Cerro San Marcos con valores de 2.7 y 1.4 g/cm³ respectivamente, y los valores menores los presenta Las Cabañas; sin embargo los datos no demuestran una gran variabilidad entre los 5 sitios. En el caso de la densidad aparente el valor más bajo 0.8g/cm³ lo presentan los sitios Las Cabañas y Zacatonera (Tabla 8).

- **Característica químicas.** El pH es ligeramente ácido en todos los sitios. El suelo más ácido en Las Cabañas y Tres Cruces y los más cercanos a la neutralidad son los sitios Cerro San Marcos y Zacatonera. El contenido de materia orgánica (MO) es muy bajo en Cerro San Marcos, en los sitios Zacatonera y La Tenaja el nivel es mediano, en el sitio Tres Cruces es alto y finalmente en Las Cabañas se considera muy alto, según la clasificación (Walkley y Black, 1947).

A partir del porcentaje de materia orgánica multiplicada por una constante calculada (0.05), se conoce la cantidad de nitrógeno total contenido en el suelo. El nitrógeno total, incluye nitratos y nitritos e indica actividad

biológica en el suelo. La estimación muestra un suelo medianamente pobre, es decir, con baja actividad biológica.

Análisis y valoración de la reforestación

Las evaluaciones en campo se realizaron cada mes y medio de abril del 2006 a diciembre del mismo año. Los promedios de cada una de las mediciones de campo se encuentran en el Anexo 4. Así como un promedio general por sitio y especie.

Número total de plantas por sitio

Para conocer el número total de brinzales introducidos para la reforestación 2005 (Tabla 9), se realizaron tomas de datos cada mes y medio en los 5 sitios seleccionados. En cada toma de datos se contabilizaron todos los brinzales encontrados tanto vivos como muertos, y estos datos se agruparon por sitio. El promedio de individuos encontrados por área de muestreo, en cada sitio, se extapoló al área total reforestada.

Tabla 9. Número total de brinzales reforestados calculados en el año 2005.

Sitio	Especie	Área total reforestada (ha)	Promedio de árboles por sitio	Cálculo de brinzales plantados por sitio
Cerro San Marcos	<i>P. montezumae</i>	24	37	35, 520
CREA-Las cabañas	<i>P. psedusotrobus</i> y <i>P. montezumae</i>	18.4	24	17, 664
La Tenaja	<i>P. pseudostrobus</i>	2.9	38	4, 408
Tres Cruces	<i>P. pseudostrobus</i>	2.3	52	4, 784
Zacatonera	<i>P. montezumae</i>	11.2	24	10, 752
Total		58.8		73, 128

Sobrevivencia

La Tabla 10 indica el porcentaje de sobrevivencia en cada uno de los sitios al año y medio de haberse realizado la reforestación. El valor se puede considerar que va a ser constante hasta que los árboles pasen a latizales.

Tabla 10. Sobrevivencia de brinzales por sitio

Sitio	Porcentaje brinzales vivos	Porcentaje brinzales muertos	Número de sobrevivientes
Cerro San Marcos	9.2	90.8	3268
CREA-Las Cabañas	76	24	13425
La Tenaja	95.7	4.3	4218
Tres Cruces	92.6	7.4	4430
Zacatonera	52.5	47.5	5645
TOTAL	42.3	57.7	30986

La sobrevivencia total de la reforestación 2005 fue del 42.3%, los sitios que presentaron sobrevivencia mayor al 90% fueron La Tenaja y Tres Cruces, en ambos sitios se introdujo *Pinus pseudostrobus*. El sitio CREA-Las Cabañas presentó una sobrevivencia mayor del 75%, este sitio presenta *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*; Zacatonera presentó un porcentaje de 52.5 y Cerro San Marcos una sobrevivencia menor al 10%, ambos sitios fueron reforestados con *P. montezumae*.

Crecimiento en campo

Para conocer el crecimiento en campo de los brinzales, se realizaron diagramas que permiten, como un primer acercamiento observar la distribución de las muestras respecto a las variables de altura, diámetro de copa y diámetro de base. Este tipo de diagramas permiten conocer visualmente la dispersión de las observaciones realizadas en campo en cada uno de los sitios.

La distribución de la altura total durante el tiempo de las mediciones, dividida por sitio y especie nos permite observar el crecimiento diferencial (Figura 8).

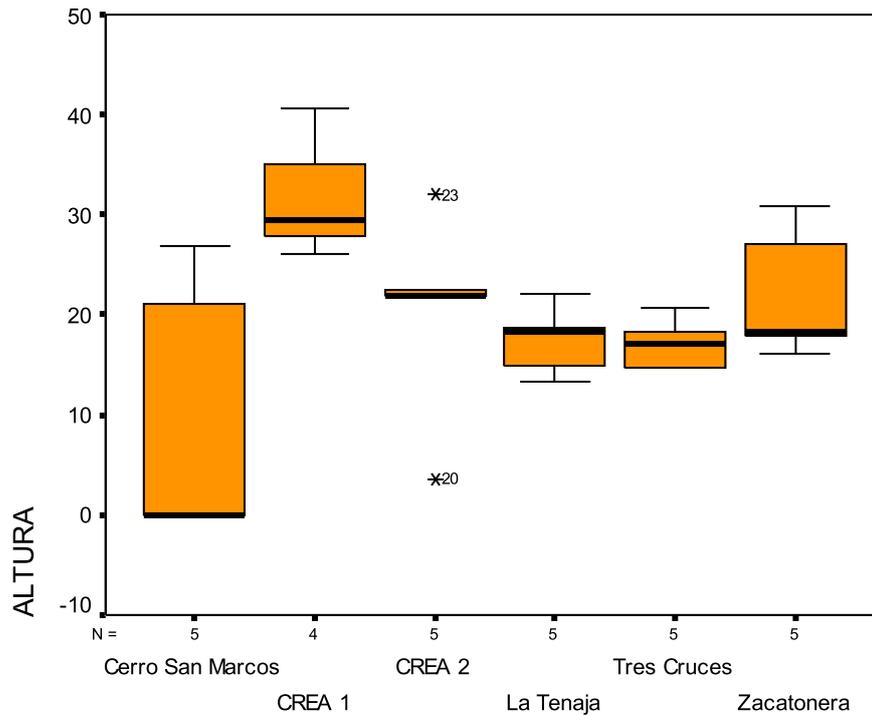


Figura 8. Distribución de la altura por especie en los 5 sitios un año y medio después de su introducción.

Cerro San Marcos: *P. montezumae*; CREA 1: *P. montezumae*; CREA 2: *P. pseudostrobus*; La Tenaja: *P. pseudostrobus*; Tres Cruces: *P. pseudostrobus*; Zacatonera: *P. montezumae*.

El sitio en que la media de altura fue mayor fue CREA 1, sitio reforestado con la especie *P. montezumae*, en este caso la media presentó un valor alrededor de los 30 cm. Para el caso de *P. pseudostrobus* no se presentó mayor variación en su altura ya que la media estuvo muy cercana a los 23 cm para todas las muestras señalada como CREA 2.

Los sitios La Tenaja y Tres Cruces presentan un comportamiento muy similar respecto a la dispersión de los datos, en la Tenaja la media fue mayor que en Tres Cruces, ambos sitios fueron reforestados con *P. pseudostrobus*.

Los sitios reforestados con *P. montezumae*, presentaron menor crecimiento Cerro San Marcos tuvo una media de 0, por la nula sobrevivencia, y Zacatonera presentó una media de 20 cm..

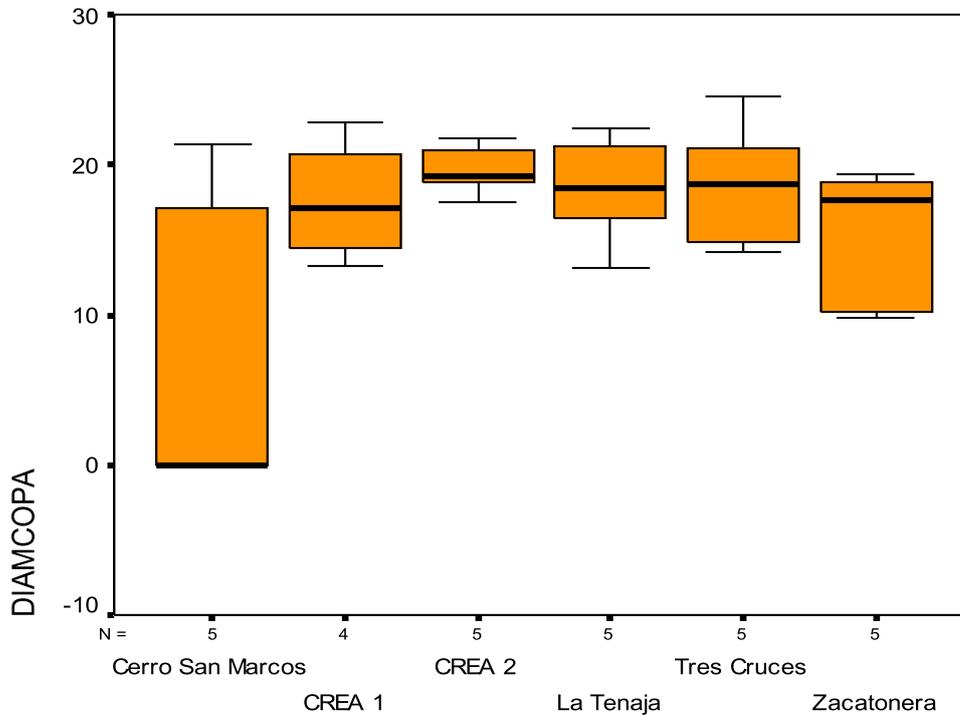


Figura 9. Distribución del diámetro de copa por especie en los 5 sitios un año y medio después de su introducción.

Cerro San Marcos: *P. montezumae*; CREA 1: *P. montezumae*; CREA 2: *P. pseudostrobus*; La Tenaja: *P. pseudostrobus*; Tres Cruces: *P. pseudostrobus*; Zacatonera: *P. montezumae*.

La distribución de las medias para diámetro de copa (Figura 9) presenta un comportamiento muy similar en la mayoría de los casos, excepto para Cerro San Marcos donde la media es 0. Se observa la menor dispersión en la evaluación hecha de *P. pseudostrobus* en CREA, y el de mayor dispersión es Zacatonera (*P. montezumae*).

En cuanto a las especies, la que presenta mayor diámetro de copa es *P. pseudostrobus*, lo cual se observa porque los diagramas para los sitios CREA-2, La Tenaja y Tres Cruces presentan las medias más altas.

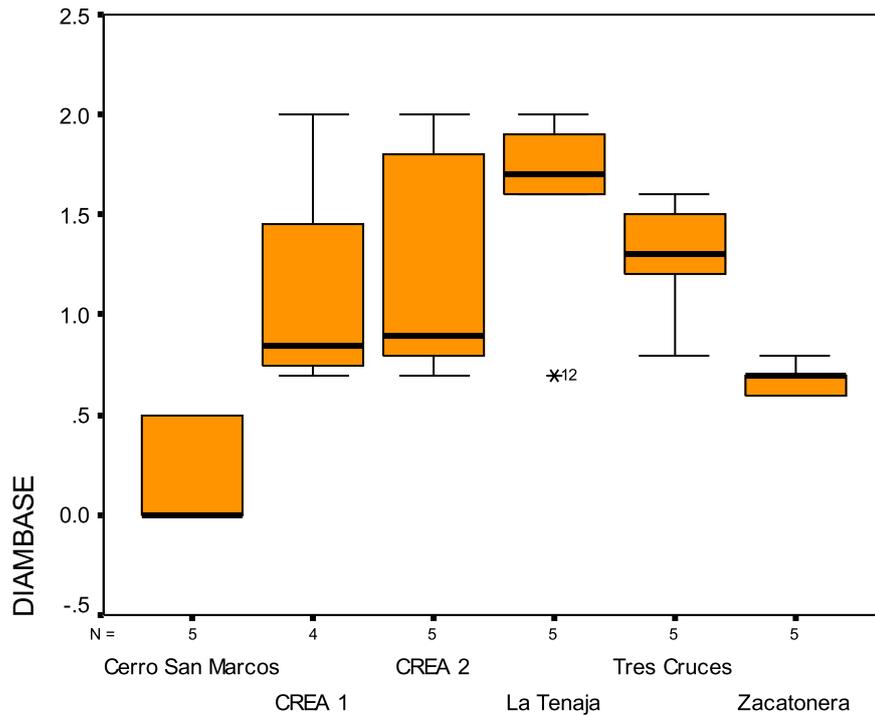


Figura 10. Distribución del diámetro de base por especie en los 5 sitios.
 Cerro San Marcos: *P. montezumae*; CREA 1: *P. montezumae*; CREA 2: *P. pseudostrobus*; La Tenaja: *P. pseudostrobus*; Tres Cruces: *P. pseudostrobus*; Zacatonera: *P. montezumae*.

El dato de diámetro de base, es la variable cuantitativa muestreada que presenta mayor disparidad, entre las muestras (Figura 10). *P. pseudostrobus* presenta mayor diámetro de base en general, ya que los 3 sitios con dicha especie presentan las mayores medias., mientras que la especie *P. montezumae* presenta una media en diámetro menor.

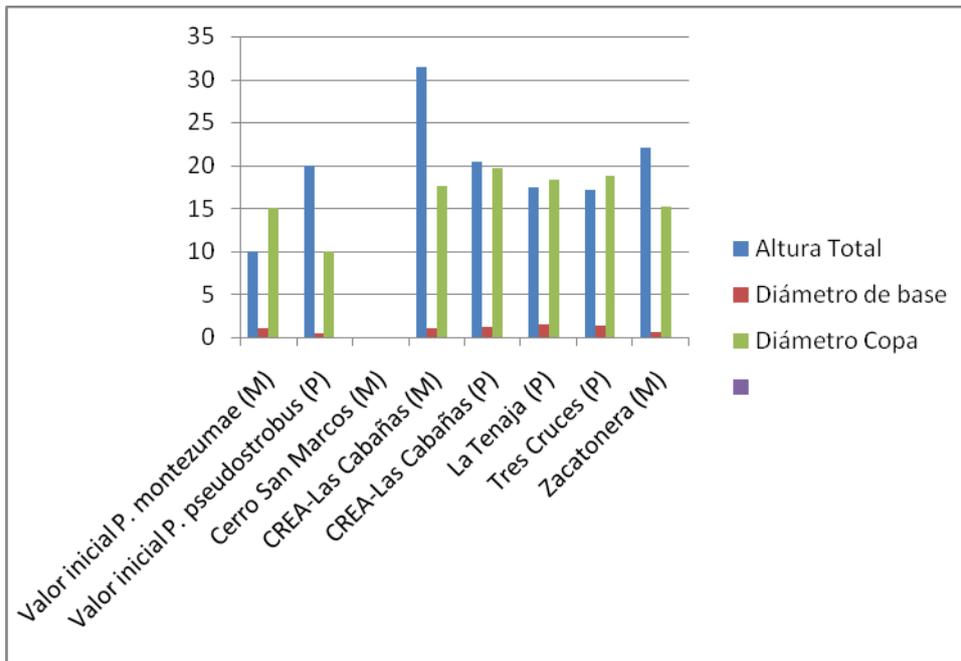


Figura 11. Comparación entre sitios y especies de promedios de las variables: altura, diámetro de copa y diámetro de base.

Los promedios de las 5 mediciones, tomadas en campo se comparan en la figura 9. Se consideró como la altura inicial, para *P. montezumae*, 20 cm y para *P. pseudostrobus* 10 cm. Durante un año de mediciones se observó en todos los brinzales crecimiento en forma vertical en promedio 10 cm sin importar la especie, aunque considerando las mediciones en campo se observó un mayor aumento en la especie *P. pseudostrobus*. El diámetro de base no presentó mucha variación durante todas las mediciones esto debido a que el desarrollo de los brinzales se presenta principalmente en forma vertical, para *P. montezumae* el diámetro inicial fue de 0.5 mientras que para *P. pseudostrobus* fue de 1 ambas especies aumentaron en promedio 3 mm. Por último la variable diámetro de copa presentó la mayor variación durante las mediciones, incluso presenta un decremento en la especie *P. montezumae*, mientras que para la especie *P. pseudostrobus* presenta un aumento de 4 cm.

Tasa relativa de crecimiento (TRC) por sitio y especie

A partir de los datos mensuales de longitud total, se calculó la TRC con base en la altura total, en cada uno de los sitios por especie., con la fórmula de TCR modificada por Hunt y Parsons (1974) (tabla 10)

Tabla 11. Tasa relativa de crecimiento por sitio y por especie.

Sitio	TRC (cm)
Cerro San Marcos (<i>Pinus montezumae</i>)	0
CREA-Las Cabañas (<i>P. montezumae</i>)	2.9
CREA-Las Cabañas (<i>P. pseudostrobus</i>)	2.8
La Tenaja (<i>P. pseudostrobus</i>)	2.4
Tres Cruces (<i>P. pseudostrobus</i>)	2.4
Zacatonera (<i>P. montezumae</i>)	2.7

Área de copa

La cobertura foliar se calculó a partir del diámetro mayor que presentó cada uno de los brinzales, utilizando la fórmula del área del círculo. El cálculo se obtuvo para cada una de las mediciones por sitio y también se calculó un valor promedio del área de copa en los sitios en cm².

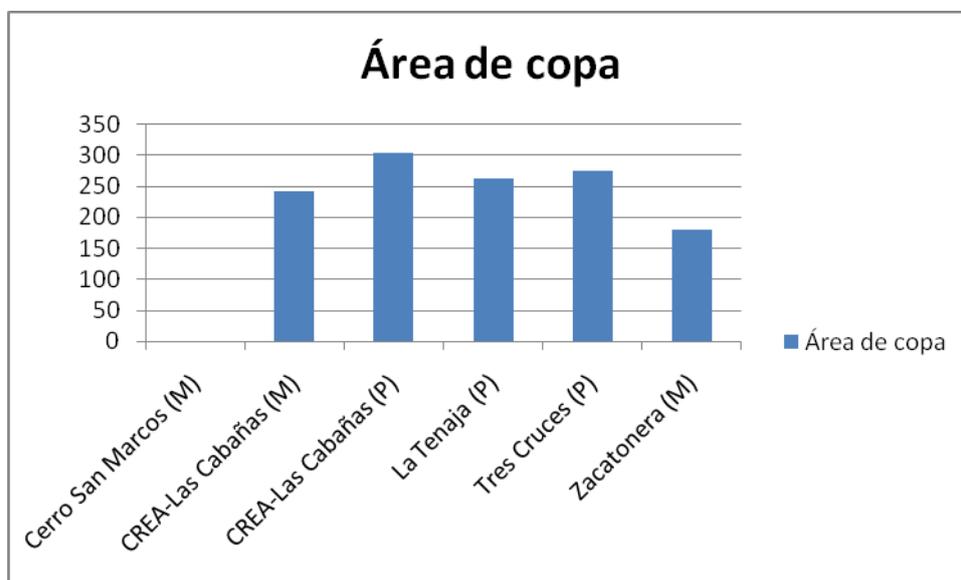


Figura 12. Área de copa por sitio y especie

Influencia del sitio y la especie en el crecimiento de los brinzales.

Como se observa en las figuras 8, 9 y 10 existe un crecimiento diferencial entre los sitios. A fin de conocer los factores que explican de mejor manera estas diferencias se procedió a analizar la influencia que tiene la composición físico-química del suelo y la especie forestal utilizada en cada sitio sobre las características morfológicas de desarrollo, es particular sobre la altura total, diámetro de base y diámetro de copa. Los resultados para la variable diámetro de base fueron los siguientes:

Tabla 12. Resultados estadísticos y significancia para la variable diámetro de base

Número de observaciones	29
F (5,23)	6.42
Probabilidad > F	0.0007
R ²	0.5827
R ² ajustada	0.4920
Root MSE	0.43619

Como se observa de los datos anteriores el modelo es significativo para explicar el comportamiento de diámetro de base en relación a la composición físico-química y la especie utilizada ya que el valor P de la prueba F es muy cercano a 0, lo que indica que en una prueba de hipótesis donde H₀ sea que el modelo no es significativo, contra H₁ correspondiente a un modelo significativo en el que se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el modelo es significativo para explicar el comportamiento del diámetro de base, al 99% de confianza. Por otra parte el porcentaje en que las variables independientes explican el diámetro de base es del 58.27%, es decir que el modelo explica casi en un 60% las variaciones.

Tabla 13. Coeficientes e intervalos de confianza para la variable diámetro de base.

Diámetro de base	Coeficiente	Error estándar	t	P> t	95% Conf.	Intervalo
pH	-9.311096	3.933023	-2.37	0.027	-17.44717	-1.175017
Humedad	0.0946958	0.049544	1.91	0.069	-0.0077939	0.1971854
Materia Orgánica	-0.9642181	0.4286517	-2.25	0.034	-1.850952	-0.0774844
Porosidad	0.0025879	0.0252523	0.10	0.919	-0.0496504	0.0548263
Especie	-0.14	0.2926045	-0.48	0.637	-0.7452985	0.4652985
Constante	58.33019	24.93979	2.34	0.028	6.738301	109.9221

Las variables que resultaron significativas para explicar el comportamiento del diámetro de base fueron: pH, humedad y materia orgánica, en virtud de que sus valores P son cercanos a 0 . El pH y la materia orgánica con un 95% de confianza y la humedad al 93% de confianza (tabla 12). Respecto a la interpretación de los coeficientes de las variables dependientes significativas, se puede afirmar que un incremento en una unidad de pH genera un cambio de -9.3 cm en el diámetro de base, lo cual significa que un cambio de pH resulta mortal para la plantación. En el caso de la materia orgánica un cambio de 1% en la materia orgánica genera una disminución de 0.96 cm en el diámetro de la base. Finalmente en el caso de humedad un cambio positivo porcentual de la humedad incrementa en 0.094 cm el diámetro de la base. Las variables densidad aparente, densidad real y carbono orgánico no fueron significativos en el análisis.

Los resultados para altura total se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados estadísticos y significancia para la variable altura total.

Número de observaciones	29
F (5,23)	3.53
Probabilidad > F	0.0164
R ²	0.4340
R ² ajustada	0.3110
Root MSE	8.0607

Como se observa en los datos anteriores el modelo es significativo para explicar el comportamiento de la altura a un 98% de confianza, pues el valor P

de la prueba F es 0.0164, lo que indica que en una prueba de hipótesis donde H0 corresponde a que el modelo no es significativo, contra H1 como modelo significativo se rechaza la hipótesis nula y se acepta que el modelo es significativo para explicar el comportamiento de la altura. En este caso el porcentaje en que las variables independientes explican la altura es del 43.40% las variaciones.

Tabla 15. Coeficientes e intervalos de confianza para la variable altura total.

Altura	Coeficiente	E r r o r T estandar	P> t	95% Conf.	Intervalo
pH	-100.3819	72.68123	-1.38	0.181	-250.7347 49.97102
Humedad	1.067261	0.9155625	1.17	0.256	-0.8267247 2.961246
M a t e r i a Orgánica	-9.172939	7.921387	-1.16	0.259	-25.55958 7.213697
Porosidad	0.3030025	0.4666565	0.65	0.523	-0.6623501 1.268355
Especie	11.09	5.407265	2.05	0.052	-0.0957785 22.27578
Constante	608.8692	460.8816	1.32	0.199	-344.5371 1562.275

Como puede observarse en la tabla 14 la única variable que resultó significativa para explicar el comportamiento de la altura fue la especie, en virtud de que su valor de P fue 0.052, lo que indica que a un 94% de confianza la especie explica el comportamiento de la altura. Como en el caso anterior las variables densidad aparente, densidad real y carbono orgánico no intervinieron en la explicación, y para los valores P de las variables pH, humedad, materia orgánica y porosidad son mayores a 1 lo que indica que en una prueba de hipótesis se rechazaría su significancia para explicar el comportamiento de la altura. Así, si la especie es *P. pseudostrobus* se espera un incremento en su altura de 11 cm, al año de ser plantado.

Los resultados para la variable diámetro de copa, no indican como significativa ninguna de las variables para explicar el comportamiento, por tanto no se transcriben.

Índices de desarrollo y salud de la planta

Las variables consideradas para caracterizar el desarrollo y la salud, una vez establecidos en la plantación los brinzales fueron: integridad morfológica, color de hojas, enfermedad o plaga, cantidad de follaje y yema. Seis representa el valor máximo de salud y vigor y el 14 representa la menor calidad.

El promedio de las variables no cuantitativas para evaluar la plantación se representa en la tabla 16.

Tabla 16. Promedios mensuales de desarrollo y salud en las plantaciones.

	1ra. Medición	2da. Medición	3ra. Medición	4ta. Medición	5ta. Medición	Promedio total
Cerro San Marcos	7.28	6.33				
CREA (<i>P. pseudostrobus</i>)	6.5	6.49	6.24	7.1	6.58	6.58
CREA (<i>P. montezumae</i>)	6.44	6.75	7.15		6.26	6.65
La Tenaja	7.52	7.82	6.03	6.4	6.24	6.8
Tres Cruces	7	7.04	6.93	6	6.44	6.68
Zacatonera	6.76	6.34	7.26	7	7.06	6.88
Total	6.92	6.79	6.72	6.62	6.52	

Como se observa en la tabla anterior el desarrollo y salud de las plantaciones fue muy similar en todos los casos. Si se considera que el valor de salud menor como 14 y el valor ideal 6, se puede afirmar que todos los sitios presentan una salud buena. Al principio el promedio fue mayor ya que los brinzales sufren una adaptación y conforme se adaptan las plantas que sobreviven se encuentran en un mejor estado.

DISCUSIÓN

Para garantizar una reforestación exitosa es necesario considerar la calidad de la planta, la calidad del sitio y evaluar la plantación para conocer el desarrollo de cada uno de los elementos analizados.

La reforestación requiere plantas de calidad que garanticen el éxito de las repoblaciones. (Ortega *et al.*, 2006). Una mala calidad de la planta produce falta de arraigo y bajo crecimiento (Luis *et al.*, 2004), sin embargo la calidad ideal de una planta forestal producida en vivero podría resumirse en su “adecuación para cada propósito” (Willen y Sutton, 1980), la cual estaría dada por su sobrevivencia y crecimiento vigoroso en la reforestación, por lo que su evaluación final sería en la plantación. Existen diversos estudios tratando de determinar los factores morfológicos y fisiológicos que afectan la calidad de la planta, la fase de vivero es el único momento donde se puede tener control sobre algunas variables que afectan a la producción de planta de calidad (Landis *et al.*, 1998). Luis *et al.*, *op. cit.*, señala el contenedor a utilizar, el tipo de sustrato, la fertilización, la micorrización, el manejo de luz y agua y el estrés hídrico, como herramientas que pueden influenciar la calidad.

En el Parque Nacional Malinche se utilizaron especies del género *Pinus* ampliamente distribuidas en el Parque (Rojas-García, 2008). Dentro del vivero ambas especies fueron expuestas al mismo tratamiento de germinación, pero fueron sometidas a un diferente sistema de crecimiento. Para *Pinus montezumae* se utilizó el sistema tradicional en bolsa mientras que para *P. pseudostrobus* se utilizó el sistema de charola, lo cual dio como resultado un tamaño, al momento de salir de vivero, de entre 10 y 20 cm para *P. pseudostrobus* y hasta 30 cm para *P. montezumae*. Las semillas utilizadas para la germinación no son propias del área, por lo que podrían resultar inadecuadas para el Parque Nacional Malinche.

Finalmente el control de la calidad de planta no finaliza cuando ésta sale del vivero, ya que tanto el manejo de la planta en esta etapa, como la técnica de plantación utilizada son factores que pueden destruir la calidad conseguida

en el vivero y afectar negativamente al desarrollo de la planta en campo. (Ortega et al., 2006).

En la reforestación 2005, se utilizaron dos sistemas de plantación, dando como resultado una mayor densidad en *P. pseudostrobus*. El tiempo de aclimatación fue nulo, ya que se plantaron inmediatamente.

El total calculado de árboles reforestados en los cinco sitios durante el verano del año 2005 fue 73,128 brinzales de los cuales sobrevivieron 30,986 a la última medición que se realizó un año y medio después de su siembra. Esto corresponde a una sobrevivencia total del 42.37%, es decir menor del 50%, que indica una reforestación poco exitosa, ya que para considerarse exitosa se requiere como mínimo de sobrevivencia del 80% (Rodríguez-Trejo, 2006). Las mediciones cubrieron dos de las épocas críticas para la adaptación de los brinzales, la sequía (abril y mayo) y e invierno (diciembre).

Las características morfológicas que ayudaron más a describir el desarrollo en campo fueron diámetro de base y altura total. En promedio ambas especies presentaron un aumento de 10 cm de altura, el crecimiento fue un poco mayor (alrededor 3 cm) en la especie *P. pseudostrobus*. Las características del suelo que más influyeron para el diámetro de base en este estudio son el pH y el contenido de materia orgánica en el suelo, mientras que para la altura la variable que explica mejor el comportamiento es la especie. Por lo anterior, podemos afirmar que la especie *P. pseudostrobus* es más adecuada para reforestar el Parque Nacional Malinche, y que el método de vivero en charola es adecuado para la misma especie.

En cuanto a las características de comportamiento y salud se observa una clara estabilización, lo que ayuda a afirmar que del total de plantas que sobrevivieron se espera que sigan desarrollándose exitosamente al menos que un desastre natural o provocado los elimine, es decir se puede afirmar que la sobrevivencia que se reporta se mantendría constante, en cuanto al proceso de adaptación, ya que una vez reforestada se considera exitosa cuando ha superado la sequía e invierno del año siguiente al año en el que se realizó la plantación.

Como se ha explicado las especies utilizadas en la reforestación de 2005 están ampliamente distribuidas en el Parque Nacional Malinche, en

especial *P. montezumae*, por lo que el poco éxito que tuvo esta especie en la reforestación de dicho año se puede deber a que la especie se considera mucho más exigente que *P. pseudostrobus*; los primeros tres años tiene un desarrollo en forma de macoyo, por lo que su crecimiento en altura resultó menor, además la semilla utilizada no pertenece a los árboles del parque. Por lo anterior una manera de ayudar a garantizar un mayor éxito es la creación de un vivero en el Parque Nacional Malinche. A continuación se hace un cálculo de los esfuerzos necesarios en cuanto a reforestación de acuerdo a la cantidad de hectáreas perdidas por incendios cada año, así como un bosquejo de un vivero que abastezca las necesidades del Parque.

- Cálculo para desarrollar un vivero para el Parque Nacional Malinche.

El número de hectáreas incendiadas desde el año 2000 al 2007 se describe en la Tabla 17; a partir de estos datos se calcula una pérdida anual en promedio de 357.28 ha. Por lo tanto se debe de construir un vivero capaz de abastecer cada año por lo menos 300 ha de bosque.

Tabla 17. Número de hectáreas incendiadas de 2000-2007.

Año	Número de hectáreas.
2000	695
2001	499.5
2002	240
2003	330
2004	268
2005	221
2006	462
2007	142.75
Promedio total.	357.28

FUENTE.: Coordinación General de Ecología-Tlaxcala

Cálculo de vivero forestal permanente para el Parque Nacional Malinche

El establecimiento de un vivero forestal dentro del área del Parque presenta varias ventajas: buena germinación, plantas más vigorosas, mejores condiciones en el crecimiento, economía de trabajo, mejor riego así como protección de plagas y enfermedades.

El lugar elegido para el establecimiento del vivero debe presentar las siguientes características: localizarse cerca del parque, estar protegido del viento, sombra adecuada, cercanía de la fuente de agua y estar en un terreno plano.

El tamaño del lugar debe determinarse considerando que para el cultivo de 1000 plantas se necesitan 10 m² de canteros, 0.5 m² de almacigo y 6 m² de caminos y senderos, es decir, deberá ser de entre 16.5 y 20 m² para 1000 plantas proyectadas a una hectárea, por lo que se necesita un área de vivero de 5,550 m² para la producción de 300,000 plántulas destinadas a la reforestación de 300 ha anuales.

Finalmente la reforestación en el Parque Nacional Malinche tiene como finalidad ayudar a la conservación y restauración de los bosques existentes, ya que es un área natural protegida, por lo tanto la reforestación es una herramienta que con una adecuada planeación y seguimiento puede beneficiar ampliamente al Parque.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La sobrevivencia en este proceso de reforestación 2005 fue del 42.37%, por lo tanto la reforestación se considera poco exitosa, ya que debería de haber una sobrevivencia mayor al 80%.
- La especie *P. pseudostrobus* presentó mayor número de individuos que sobrevivieron, así como un mayor crecimiento.
- Las características morfológicas altura y diámetro de base, representan de mejor manera el crecimiento de las plantaciones.
- Una característica muy importante al elegir un área para reforestar es el sitio, por lo que realizar una caracterización físico-química del suelo donde se planea reforestar resulta de gran utilidad.
- De las características del suelo, el pH y el contenido de materia orgánica son muy importantes para el desarrollo de las plantas evaluadas para la característica diámetro de base.
- La salud de las plantaciones fue adecuada con ambas especies utilizadas y presentó una mejora en los índices durante el tiempo de medición.
- Es necesario desarrollar estudios de las especies que faciliten mejoras en la producción con la finalidad de la conservación y restauración de los bosques en el Parque Nacional Malinche, los cuales deben de considerar las características del lugar de plantación, así como los riesgos potenciales a los que se enfrentará.
- El establecimiento de un vivero forestal y de un banco de germoplasma con semillas originarias en las cercanías del Parque facilitarían el emplazamiento de planes de reforestación posteriores en la zona y coadyuvaría en la recuperación del capital genético de las especies locales.

LITERATURA CITADA

Castro-Gobea, R. 1999. Historia eruptiva reciente del Volcán "La Malinche". Tesis de Maestría. Colegio de Ciencias y Humanidades. Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado, UNAM. pp 3-10

Castillo-Rodríguez, M. 2006. Delimitación de unidades ambientales biofísicas en el volcán La Malinche con base en el análisis de unidades morfogenéticas. Tesis de Maestro en Geografía, Facultad de Filosofía y letras, División de Posgrado, UNAM. 135 p

CONAFOR. 2002. Avances y perspectivas del sector forestal. México. Disponible en: www.conafor.gob.mx. Consulta: noviembre 2005

CONAFOR. 2006. Noticia revista en línea México Forestal. México. Disponible en: www.mexicoforestal.gob.mx Consulta: febrero 2008

CONAFOR, 2007. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. México. Disponible en : http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/reforestacion/Manual_Viveros/Capitulo1.pdf Consulta: 27 de mayo de 2008.

Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala. 1999. Programa de Manejo integral Parque Nacional Malinche (Tlaxcala-Puebla). Manuscrito 68p.

Coordinación General de Ecología. 2002. Catorceavo informe de actividades del programa de manejo del Parque Nacional Malinche (Tlaxcala). Julio-Diciembre 2002. Gobierno del Estado de Tlaxcala. Documento. 17p.

CGE, 2005- A Coordinación General de Ecología. Programa de reforestación para el Parque Nacional Malinche, 2005. Tlaxcala, México.

CGE, 2005-B. Coordinación General de Ecología. Resultados de la Reforestación en el Parque Nacional Malinche 2005. Gobierno del Estado de Tlaxcala. Documento no publicado Tlaxcala, México. 11p.

Díaz Ojeda, Enrique V. 1992. Informe del Parque Nacional Malinche. Jefatura del Programa Forestal de Tlaxcala. Oficio 729-03.03.-0040. Dirigido al Ing Jaime González Hernández. Disponible en: <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/parques/tlaxcala.html>. Consulta: 21 de septiembre de 2005.

Eugliz Piedra, Teobaldo. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de licenciatura Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 575 p.

FAO. 1999. Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD) Animal Production and Health Division.

Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/es/dec/toolbox/Tech/6Reaff.htm>

Consulta: 20 de septiembre de 2006.

Gobiernos de Tlaxcala y Puebla. 2001. Programa Integral de Manejo del Parque Nacional La Malinche. Documento de trabajo. Tlaxcala 98p.

Gonda, Hector. s/f. El largo de las acículas como indicador de la calidad de sitio en plantaciones de *pinus ponderosa* en Neuquén. Ficha técnica. CIEFAP. Patagonia Forestal- Año VIII No. 1. pp 7-10.

González, H y Celestino Flores. s/f. Índices de calidad de sitio para regeneración de *Pinus rudis* Ende. en San José de la Joya, Galeana, Nuevo León. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

INE. 2005. Aspectos a considerar en la reforestación. INE-SEMARNAT

Disponible en:

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/21/aspectos.html> Consulta:

20 de septiembre de 2006

Landis, T., R., Tinus y Barnett J. 1998. Seedling propagation. En: Landis T. D., Tinus R. W., McDonald S. E. & Barnett J. P. (eds.). Seedling propagation. Vol. 6. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC. USDA Forest Service. 166 p.

Luis, V., Peters, J., A. González, M. Jiménez y Morales D. Testing nursery plant quality of Canary Island Pine seedlings grown under different cultivation methods. *Phyton*, 44(2): 231-244.

Ortega, U., A. Kindelman, A. Hevia, E. Alvarez y J. Majada. 2006. Control de calidad de planta forestal. *Tecnología Agroalimentaria*. 2º época. Número 3. España. Disponible en: <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=01521> Consulta: 1 de julio de 2008

Peña del Valle, A. 2003. Captura de Carbono: un estudio en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala-Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México 85p.

Rodríguez-Salas, D. 2000. Evaluación dasométrica de una plantación forestal en la presa de el Tejocotal en el Estado de Hidalgo. Tesis de licenciatura (Ingeniero forestal). UACH, DiCiFo Chapingo, México. 69p.

Rodríguez-Trejo, Dante Arturo. 2006. Notas sobre el diseño de plantaciones de restauración. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12(2) 111-123, 2006

Rodríguez Trejo, D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa, Universidad Autónoma Chapingo, Academia Mexicana de Ciencias Forestales. México, D. F. 156 p.

Rojas-García, F. 2004. Contenido y captura potencial de carbono en bosque de *Pinus hartwegii* del Parque Nacional La Malinche: Tlaxcala-Puebla. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias. UNAM. México. 75 p.

Rojas-García, F. 2008. Consideraciones para el balance de carbono: evaluación del movimiento de biomasa en el Parque Nacional Malinche. Tesis de Maestría. Instituto de Geología, UNAM. México. 70 p.

SARH, 1989. Perfil del Proyecto de Reforestación P. D. R.

SARH, 1991. Programa Nacional de Reforestación, Campaña estatal 1991. Manuscrito

SARH, 1992. Acta constitutiva del Comité Estatal de Solidaridad para la Reforestación. Manuscrito

SEDESOL. 1993. Aspectos a considerar para evaluación de reforestaciones. Manuscrito.

SEMARNAP, 2000. Texto Guía Forestal. Subsecretaría de Recursos Naturales. Dirección General Forestal, México. pp 127-159.

Shoji, S., M. Nanzyo., and R. Dahlgren. 1993. Volcanic Ash Soils. Genesis, Properties and Utilization. Developments in Soil Science 21. Elsevier. Netherlands. 289 p.

Torres, J. y Octavio, Magaña. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Editorial Limusa. México.

Tovar, A. & G. Alanís. 2000. La problemática de la reforestación urbana en México. Arboris News. Junio de 2000. Disponible en: <http://www.isahispana.com/pubs/inmexico.htm> Consulta: 20 de septiembre de 2006.

Vázquez Ramírez, Evaristo. 1990. Análisis y Diagnóstico de la reforestación en el Estado de Durango Periodo 1982-1988. Seminario de titulación de Ingeniero Agrónomo especialista en bosques. UACH, DiCiFo.Chapingo, México. 46 p.

Valdés, M., C. Staff y T. V. Dechert. 1994. Determinación de calidad de sitio y productividad del *Pinus oocarpa* en base a características ambientales en la zona central de Honduras. *Interciencia* 19(6): 336-342. Disponible en: <http://www.Interciencia.org.ve>. Consulta: 10 de junio de 2008

Villar, R., J. Ruiz-Robledo, J. Quero, H. Poorter, F. Valladares y T. Marañón, 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. Capítulo 7 en: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* Valladares, F. 2004 191-227 p. Ministerio del Medio Ambiente, EGRAF, S.A.. España. Disponible en: <http://www.globimed.net/ficheros/libros/Ecologia/Cap07%20-%20Tasas%20de%20crecimiento%20en%20especies%20lenosas%20aspectos%20funcionales%20e%20implicaciones%20ecologicas.pdf> Consulta: 13 de junio de 2008.

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz & C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/introd-J084.html | Consulta: 20 de septiembre de 2006.

Villers, L., F. Rojas-García y P. Tenorio. 2006. Guía Botánica del Parque Nacional Malinche, Tlaxcala-Puebla. Centro de Ciencias de la Atmósfera e Instituto de Biología. UNAM. México. 197p.

Willen, P. y R. Sutton. 1980. Evaluation of stock after planting. *New Zeal. J. For. Sci.*, 10(1): 297-299.

ANEXOS

Anexo 1.

Formato de entrevista en vivero:

1. Nombre del vivero y localización
2. Nombre del responsable y número de personas que laboran
3. Extensión del vivero
4. ¿Cuántas y cuáles especies se reproducen?
5. ¿A quién surten plantas y cada cuánto?
6. ¿De dónde se colectó la semilla que se utiliza para la germinación de las semillas de *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus*?
7. ¿Cuál es el tratamiento posterior a la colecta?
8. ¿Qué método de germinación se utiliza?
9. ¿Dónde se realiza la germinación?
10. Existen controles de temperatura y humedad
11. ¿Qué tipo de tierra se utiliza?
12. ¿Qué sistemas de crecimiento se utilizan? ¿Para qué tipo de planta se utiliza cada sistema?
13. ¿A los cuántos días se realiza el trasplante?
14. ¿A qué profundidad se siembran los almácigos?
15. ¿Las plántulas se encuentran micorrizadas? y qué otros tratamientos para garantizar su supervivencia.
16. ¿Dónde se colocan una vez transplantadas? y ¿qué cuidados se les da a las plantas?
17. ¿Se hace otro trasplante?
18. ¿Qué dimensiones tienen los envases que se utilizan en cada sistema de crecimiento?
19. ¿Cada cuándo se riegan las plantas?
20. ¿A qué edad o tamaño se llevan para la reforestación?
21. ¿Antes del traslado definitivo se castiga a las plantas? Y ¿de cuánto tiempo es el castigo?
22. ¿Se regaron las plantas con agua antes del traslado definitivo?
23. ¿En qué y cómo fue el transporte?
24. Comentarios:

Anexo 2.

Formato de levantamiento de calidad de sitio

Levantamiento _____ Responsable _____ Fecha __/__/20__

Sitio: _____ Número: _____
Entidad política _____ Localidad _____
Coordenadas _____ N _____ W Altitud _____ Punto _____ GPS
Orientación _____ (grados) Pendiente _____ (% o °) Exposición solar _____
Ubicación Geomorfológica: Valle/ Parteaguas/ Ladera Superior/ Media/ Inferior/ Pie
Tipo de pendiente: Recta / Cóncava / Convexa / Irregular
Microrrelieve: Plano / Ondulado / Montañosos / Muy disectado

SUELO (función)	EROSIÓN	Nivel	Área
Tipo de suelo _____	Tipo	Nula 0	<25%
Profundidad _____	Ninguna	Baja 1	35-50%
Color _____	Laminar	Media 2	50-75%
Textura _____	Surcos o canalillos	Alta 3	> 75%
Consistencia _____	Cárcava		
Pedregosidad _____	MADERA MUERTA (patrones)		
pH _____ Salinización _____	Estado de descomposición: _____		
Agua en el subsuelo _____	Temprano/ Avanzado/ Muy avanzado		
	Presencia / ausencia de hongos y líquenes		

PERTURBACIÓN	MANEJO
Animal: +10 / ÷4-10 /1 a 3/ 0	Tinas ciegas: presente / ausente
Humana: -50m / ÷ 50 y 100m / + 100m / +400m	Brecha corta fuego: presente/ausente
Rastros de incendio: _____	Cercas vivas: presente / ausente
Plagas: Si / No _____	Otro: _____
Spp. Indicadoras de perturbación: _____	
Basura: _____	

TURISMO (distancia y ubicación)	CONECTIVIDAD/ FRAGMENTACIÓN
Campamento: _____	Dist. a y tipo de camino _____
Área de recreo: _____	Dist. a claros sin bosque _____

Fogata: _____ Dist. a ríos o arroyos _____
 Dist. a asentamientos humanos _____

Pastoreo: _____
 Otro: _____

COMUNIDAD ORIGINAL. EFECTO NODRISA:
 Tipo: _____ Árboles padre / Zacatonal /
 Otro _____

Colecta: _____ Observaciones: _____

Grado de perturbación: quemado / ocoteado _____
 / suelo vacío / pasto

Observaciones: _____

Anexo 3.

Determinaciones para caracterización de suelo.

Densidad Aparente

(Método de la probeta).

Introducción: La densidad aparente o densidad de volumen (D_a), se refiere al espacio ocupado por los sólidos y los espacios de los poros conjuntamente. Se define como la masa (peso) de una unidad de volumen de suelo seco. Este volumen puede incluir, desde luego, tanto los sólidos como los poros (Buckman y Brady, 1981).

Los suelos arenosos son relativamente bajo en espacio vacío total y proporcionalmente tienen densidades aparentes altas. La densidad aparente aumentan con la profundidad en el perfil del suelo. Esto se debe a más bajos niveles de materia orgánica, menor agregación y más compactación. Los valores de la D_a varían en función de las propiedades de los suelos fundamentalmente con la textura y el contenido de materia orgánica (Aguilera y Martínez, 1980). Sin embargo como valores medios se tienen los siguientes.

Cuadro 1. Valores medios de Densidad aparente

Suelos	D_a (g/cm^3)
Arenas	1.6 - 1.7
Francos	1.3 - 1.4
Arcillas	1.0 - 1.2
Suelos orgánicos	0.7 - 1.0

Aguilera y Martínez, 1980

Con base en Ortíz, (1980). La densidad aparente es un dato muy valioso, que se utiliza en diferentes cálculos y en caracterización de capas de suelos; las más comunes se citan a continuación.

- Capas endurecidas. En una capa endurecida generalmente tiene densidades mayores a 2.0 g/cm^3 que provoca problemas en el desarrollo de los cultivos.
- Presencia de amorfos. En clasificación de suelos la densidad aparente se utiliza en la caracterización de los suelos del orden Andisol. Estos suelos tienen densidades menores de 0.85 g/cm^3 . Generalmente se asocian tales valores con la presencia de amorfos, como alófanos y con problemas de fertilización fosfórica para los cultivos y encalado.
- Grado de intemperización. Se determina comparando las densidades de los horizontes superficiales con las de los horizontes C.
- Peso de la capa del suelo. El cálculo del peso de una capa de suelo, es un dato indispensable para expresar muchos de los valores analíticos en Kg/ha. Para obtener este dato se emplea la formula:

$$P = Da (E) s$$

Donde:

P= Peso en (Ton/ha)

Da = Densidad aparente (g/cm^3)

E = Espesor de la capa de suelo expresada en metros
m²

s = Superficie, 1 ha =10,000

Material:

- Probeta de 10 ml
- Balanza granataria.
- Franela.

Método.

1. Pesar una probeta de 10 ml vacía.
2. Agregar suelo hasta los 10 ml y golpear ligeramente (10 veces), sobre la franela.
3. Agregar el suelo que falte hasta los 10 ml.
4. Pesar la probeta con el suelo.
5. Restar el peso de la probeta y hacer los cálculos.

Cálculos.

Para determinar la densidad aparente, se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$Da = \text{Peso del suelo (g)} / \text{volumen (ml)}$$

Bibliografía

Aguilera C. M. y Martínez, E. R., 1980. Relaciones agua, suelo, planta, atmósfera. Ed. UACH. México. 321p.

Buckman, O. H. y Brady, C. N., 1981. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España p. 54-69

Ortíz, V. B. y Ortíz, S. C. A., 1988. Edafología. Ed. UACH. México 369p.

Densidad real (Método del picnómetro)

Introducción: La densidad real o de partículas (D_r) en la práctica es difícil de determinar, por los métodos que para ello se utilizan, en clasificación de suelos se ha optado por adoptar el valor de 2.65 g/cm^3 como la densidad real de todos los suelos. Dicho valor se considera como el promedio aproximado de los minerales dominantes: cuarzo, feldespatos, micas y minerales arcillosos (Ortíz, 1988).

La densidad de las partículas depende de la constitución química, mineralógica y del grado de hidratación de las partículas (Baver *et al.*, 1980).

Material	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Piceta• Pinzas• Desecador• Picnómetros y/o matraces aforados de 50 ml a peso constante• Balanza analítica	<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada

Método

1. Pesar el picnómetro, cuidando que el número del tapón corresponda al número del picnómetro y anotar su peso (*siempre manipular con pinzas el picnómetro y/o el matraz*).
2. Agregar 5 g de suelo¹, empleando un embudo y pesar.
3. Agregar una tercera parte de agua destilada con la piceta, cuidando de no mojar el picnómetro por fuera.
4. Aplicar un movimiento de rotación suave, para desalojar el aire.
5. Dejar reposar 30 minutos y desplazar las burbujas de aire hasta observar que no haya quedado ninguna.
6. Llenar el picnómetro y/o matraz, hasta la línea de aforo, cuidando que quede lleno el capilar del tapón, secar con papel filtro o con un lienzo de lino.
7. Pesar el picnómetro y/o matraz con suelo y agua.
8. Lavar el picnómetro y/o matraz, dejarlo secar en la estufa 2 horas y sacarlo, enfriarlo en un desecador y llenarlo con agua destilada y pesarlo.

Cálculos:

Para determinar la densidad real del suelo, se emplea la siguiente ecuación:

¹ Cuando los suelos contienen mucha materia orgánica, se dejan reposar de un día para otro; o bien pueden colocarse en baño María hasta que se desprendan las burbujas, secar y enfriar.

$$D_r = \frac{S}{(S+A) - (s+a)} \quad (\text{g/ml})$$

donde:

S = Peso del suelo (g)

A = Peso del agua (g)

s+a = Peso del suelo y el agua mezclados (g)

Cálculo del espacio poroso:

Para estimar el porcentaje del espacio poroso existente en las muestras de suelo, se emplea la fórmula siguiente:

$$\%P = (1 - D_a / D_r) 100$$

donde:

%P = Porcentaje de espacio poroso.

D_a = Densidad aparente (g/ml).

D_r = Densidad real (g/ml).

Bibliografía

Ortíz, V. B. y Ortíz, S. C. A., 1988. Edafología. Ed. UACH. México 369p.

Baver, D. L., Gardner, H. W. y Gardner, R. W., 1980. Física de suelos. Ed. Uthea México. p: 189-215.

Materia Orgánica

(Walkley y Black, 1947)

Introducción: El contenido de materia orgánica (MO) es un buen indicador de su fertilidad, principalmente de su capacidad potencial para proporcionar nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, etc., a los cultivos. Además, tal contenido indica la capacidad relativa del suelo para retener nutrientes contra pérdidas por lixiviación; la estabilidad de su estructura y susceptibilidad a la erosión; el movimiento de agua y aireación (importante para el sistema radical); la capacidad amortiguadora del suelo para resistir variaciones de pH o salinidad, y las condiciones de laboreo y manejo del suelo. La adición de materia orgánica puede reducir la capacidad de retención de fósforo del suelo y, por tanto, aumentar la eficiencia de los fertilizantes fosfatados. El contenido de materia orgánica del suelo, está en función, entre otros factores, del clima, de la vegetación original del suelo, de los cultivos, del drenaje y del manejo.

Principio: El método de Walkley - Black, consiste en la combustión de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Después de la reacción, el dicromato residual se titula con una solución de sulfato ferroso.

Material:

- Matracas erlenmeyer de 250 ml.
- Balanza analítica.
- Buretas de 500 ml.
- Probeta graduada de 10 ml.
- Probeta graduada de 100 ml.

Reactivos:

- **Dicromato de potasio** ($K_2Cr_2O_4$); 1N. Disolver 98.06 g de $K_2Cr_2O_4$ (secado en la estufa durante 3 horas a $105^\circ C$), en 100 ml de agua destilada, diluir y aforar a 2 litros.
- **Acido sulfúrico** concentrado (H_2SO_4). Grado reactivo (96%).
- **Acido fosfórico** (H_3PO_4). Grado reactivo.
- **Sulfato ferroso** ($FeSO_4$); 0.5N.- Disolver 278 g de $FeSO_4$ en 1L de agua destilada y agregar 90 ml de ácido sulfúrico concentrado, enfriar y aforar a 2 litros.
- **Bariosulfonato de difenilamina**.- Disolver 0.16 g del indicador en 100 ml de agua destilada.

Método:

1. Pesar 0.5g de suelo⁺ (*si es muy oscuro pesar 0.2g*).
2. Colocar la muestra de suelo en un matraz erlenmeyer de 250 ml.
3. Agregar con una bureta 5 ml de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_4$); 1N.
4. Medir 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (con una probeta ó con una bureta) y agregarlo lentamente, resbalando por las paredes del matraz).
5. Agitar durante 1 minuto y dejar reposar 30 minutos.
6. Agregar 100 ml de agua destilada.
7. Adicionar 5 ml de ácido fosfórico.
8. Agregar 5 gotas de indicador bariosulfonato de difenilamina.
9. Titular con sulfato ferroso ($FeSO_4$); 0.5N (**el vire es verde esmeralda**).

⁺⁺ Se deben preparar 2 BLANCOS, para calcular la normalidad real del sulfato ferroso (*seguir los pasos del 3 al 9 sin dejar reposar*).

Cálculos:

$$\% \text{ de M.O.} = \frac{5 - (\text{ml de FeSO}_4 (\text{N real}) \cdot 0.69)}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

donde:

5 = Cantidad de dicromato de potasio agregado ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$).

N = Normalidad real del FeSO_4

0.69 = Constante (ver análisis químico del suelo de Jackson, pags: 300-303)

$$\text{N real} = \frac{10}{0.5}$$

ml de FeSO_4 (*gastados en el blanco*)

donde:

10 = Volumen teórico del FeSO_4 , utilizado en el blanco.

0.5 = Normalidad teórica del FeSO_4

Para determinar el porcentaje de carbono⁺⁺:

$$\% \text{ C} = \% \text{ M.O.} / 1.724 \quad \text{ó} \quad \% \text{ C} = \% \text{ M.O.} \cdot (0.58)$$

En el cuadro siguiente se presenta una guía para la interpretación de los resultados de materia orgánica y carbón orgánico en el suelo.

Materia orgánica (%)	Carbón orgánico (%)	Clasificación
< 0.60	< 0.35	MUY BAJO
0.60 - 1.80	0.35 - 1.05	BAJO
1.81 - 3.50	1.05 - 2.30	MEDIANO
3.50 - 6.0	2.31 - 3.50	ALTO
> 6.0	> 3.50	MUY ALTO

Humedad del suelo

Introducción.

El agua es uno de los constituyentes más variables del suelo. Diferentes suelos tienen distintas capacidades de retención del agua. Además determinado suelo puede contener muy diversas cantidades de agua según la ocasión. Si hay demasiada agua en un suelo y no se drena, las raíces de las plantas pueden morir por falta de oxígeno, si hay muy poca agua, el crecimiento de las plantas se retarda hasta cesar, apareciendo finalmente el marchitamiento.

++++ El 1.724 corresponde a una constante de Jackson pag: 283.

El contenido de agua y su dinámica dentro del suelo, son causas directas del comportamiento de las propiedades físicas del suelo la cual afectan directamente el desarrollo de las plantas. La medida de la capacidad de almacenamiento de agua y la humedad que efectivamente existe en el terreno reviste capital importancia, tanto en las regiones húmedas como en las áridas.

El estudio y conocimiento de la capacidad de los suelos para retener el agua de riego utilizable, es también esencial para que el riego sea rentable. Si el regante utiliza más agua que la que el suelo puede retener, se desperdicia el exceso y si se riega con menos de la que es posible almacenar, pueden marchitarse las plantas por falta de humedad antes del riego próximo.

En aquellas zonas en las que las disponibilidades de agua en el final de la evolución vegetativa, son bajas y la construcción de embalses es antieconómica o prohibitiva, resulta muchas veces muy útil el almacenar el agua, bajo forma gravitatoria, en el suelo saturado. La aplicación de agua en exceso, a efectos de almacenamiento, puede ocasionar la elevación de la capa freática, produciendo daños a los cultivos en los primeros tiempos de su desarrollo.

Es importante calcular la capacidad de agua utilizable para los diferentes suelos, es decir la capacidad de campo menos el contenido de humedad, en el punto de marchitez permanente. Algunos suelos con capacidad de campo alta poseen también puntos de marchitez elevados, lo que hace que la capacidad de agua utilizable sea baja, y en consecuencia sea necesario regar con frecuencia. El volumen de agua utilizable que puede ser almacenado aumenta en el mismo sentido que el espesor de la zona radicular.

Metodología. En laboratorio es necesario conocer el contenido de humedad del suelo, en el momento de efectuar algunas determinaciones de las propiedades físicas de los suelos, tales como: densidad aparente, porosidad, resistencia a la ruptura, color, etc.

Los métodos que existen para determinar el contenido de humedad del suelo pueden ser:

1. Directos.
2. Indirectos.

1. Métodos Directos.

Consisten en cuantificar y eliminar por evaporación el agua presente en un suelo.

1.1. Método gravimétrico.- Este método se basa en la medición de la cantidad de agua que contiene una muestra de suelo y en expresar ese contenido de humedad como un porcentaje tomando al peso del suelo como referencia, dado que este es constante.

Material:

Botes de aluminio.

Balanza electrónica digital con aprox. de 0.01g.

Estufa de circulación forzada de aire.

Método.- Para determinar la humedad de las muestras de suelo en condiciones de campo, estas se obtienen con una barrena perforadora o cortándolas con un cuchillo de la pared de afloramiento. Las muestras se toman de cada horizonte por separado. Del horizonte arable se toma, o bien una muestra de todo su espesor (por ejemplo de 0-20 cm.), o bien una muestra de cada una de sus capas (de 0-5; 5-10 y de 10 a 20 cm.). Los muestreos de los demás horizontes se realizan a cada 10 cm. de profundidad. Al obtener una muestra de un horizonte potente (≥ 50 cm.) esta se toma, o bien del medio del horizonte, o se obtienen unos gramos de su parte inferior.

El bote de aluminio se pesa en una balanza, se llena (hasta un tercio) de suelo, se tapa y se vuelve a pesar. Después se coloca en la estufa a una temperatura de 100 a 105°C y se seca hasta terminar la desecación, el bote se tapa y después de enfriarlo en un desecador con CaCl₂ en el fondo, se vuelve a pesar.

Se agita el suelo con la espátula o un gendarme de vidrio, para que sea secado uniformemente en la estufa.

Cuando se haya consumido el alcohol y se enfríe el bote, se pesa éste con todo y muestra. Agregar nuevamente otro poco de alcohol y se prende fuego, agite con la espátula, enfríe y pese. Repita esta operación hasta que el peso sea constante.

Calcule el porcentaje de humedad:

$$\%H = \frac{(Psh)-(Pss)}{(Pss)} \cdot 100$$

Donde: T=Tara Pss=Peso seco del suelo Psh=Peso seco del suelo húmedo

El coeficiente de higroscopicidad es la cantidad de agua higroscópica en un suelo, expresado como tanto por ciento de la muestra desecada en la estufa.

Para la mayoría de los análisis de laboratorio, el suelo debe ser secado al aire. Este suelo siempre contiene cierta cantidad de humedad (higroscópica), la cual está relacionada con las propiedades del suelo a absorber la humedad vaporosa del aire y retenerla establemente en la superficie de sus partículas. La mayor parte cantidad de humedad higroscópica se manifiesta cuando el aire está saturado de vapores de agua. Esta humedad se denomina humedad higroscópica máxima.

El valor de la humedad higroscópica permite calcular la humedad de agostamiento (marchitamiento) de las plantas y las reservas de humedad accesibles (productiva), y humedad no accesible en el suelo. Para determinar la humedad higroscópica se emplea la siguiente expresión.

$$\%H \text{ higroscópica} = \frac{\text{Pss aire} - \text{Pss}}{\text{Pss}} \cdot 100$$

Anexo 4.

Promedios de las mediciones en campo.

Sitio	Muestra	Altura total	Diámetro de copa	Diámetro de base	Integridad morfológica	Color	Enfermedad	Follaje	Yema	Consistencia
Cerro San Marcos	1	26.8	17.1	0.5	1.08	1.6	1	1.5	1	1
	2	21.2	21.4	0.5	1.08	1.2	1	1.1	1	1
	3	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
Promedios		9.6	7.7	0.2	0.43	0.56	0.4	0.52	0.4	0.4
CREA-Las Cabañas (P. montezumae)	1	26.1	18.7	0.9	1	1	1	1.3	1.1	1
	2	29.5	13.3	2.0	1	2	1	1.2	1	1
	3	29.5	15.5	0.8	1	1	1	1.7	1	1
	4	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato
	5	40.7	22.8	0.7	1.05	1.08	1	1.14	1.02	1
Promedio		31.4	17.6	1.1	1.01	1.27	1	1.33	1.03	1
CREA-Las Cabañas (P. pseudostrabus)	1	3.6	17.5	0.8	1	1	1	1.31	1.23	1
	2	21.9	19.3	2.0	1	1.22	1	1.22	1.05	1
	3	22.5	21.8	1.8	1	1	1	1.24	1	1
	4	32.0	18.8	0.7	1.08	1.43	1	1.57	1.02	1
	5	21.8	21.0	0.9	1.16	1	1	1.33	1.08	1
						1.05	1.13	1	1.33	1.08
Promedio		20.3	19.7	1.2						
La Tenaja	1	14.9	18.5	1.6	1.33	1.57	1	1.33	1.28	1
	2	13.3	13.1	0.7	1	1.82	1	1.82	1.18	1
	3	18.7	21.2	1.7	1.03	1	1	1	1	1
	4	18.3	16.5	2.0	1.08	1	1	1.28	1.04	1
	5	22.0	22.4	1.9	1	1	1	1.12	1.12	1
Promedio		17.4	18.3	1.6	1.09	1.28	1	1.31	1.12	1

Tres Cruces	1	14.8	14.9	1.3	1.05	1.33	1	1.48	1.14	1
	2	14.8	14.2	0.8	1	1.28	1	1.44	1.32	1
	3	18.4	24.6	1.6	1.37	1.53	1	1	1.03	1
	4	17.2	21.1	1.2	1	1	1	1	1	1
	5	20.6	18.7	1.5	1	1	1	1.34	1	1
Promedio		17.2	18.7	1.3	1.08	1.23	1	1.25	1.1	1
Zacatonera	1	16.1	19.4	0.6	1.09	1.6	1	1	1.06	1
	2	18.3	18.8	0.7	1.17	1.03	1	1	1.14	1
	3	18	17.7	0.8	1.33	1.59	1	1	1.33	1
	4	27.1	10.2	0.7	1.44	1.28	1	1	1.27	1
	5	30.9	9.8	0.6	1.5	1.11	1	1	1.44	1
Promedio		22.1	15.2	0.7	1.31	1.32	1	1	1.25	1

