

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO “

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov
en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oax.

Por:

VICENTE RUÍZ ALONSO

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov
en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oax.

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

presenta:

VICENTE RUÍZ ALONSO

Aprobada

M.C. Salvador Valencia Manzo
Asesor principal

M.C. Leopoldo Arce González
Coordinador de la División
de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* Mirov
en dos localidades de la región Mixteca Alta, Oax.

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

presenta:

Vicente Ruíz Alonso

APROBADA

M.C. Salvador Valencia Manzo

Asesor Principal

Ph. D. Miguel Ángel Capó Arteaga

Asesor

Ph. D. Eladio H. Cornejo Oviedo

Asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2003

El presente trabajo forma parte del Proyecto de investigación denominado “Selección de procedencias de *Pinus oaxacana* y *Pinus greggii* para la protección y restauración de suelos en la Mixteca Alta Oaxaqueña” desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a través del Centro de Investigación Regional Pacífico Sur (CIRPS), Campo Experimental Valles Centrales, Oax.

Soñé que tenía una entrevista con Dios...

"Te gustaría entrevistarme?" Dios preguntó. "Si tienes tiempo," le dije. Dios sonrió contestando.. "Mi tiempo es eterno, qué quieres preguntarme?" "¿Qué opinas de mí?..." pregunté, y Dios me respondió...

"Estas tan ansioso por el futuro, que olvidas el presente; vives la vida sin presente como si nunca fueses a morir, y mueres como si nunca hubieses vivido...."

"Tienes prisa porque tus niños crezcan y tan pronto crecen quieres que sean niños de nuevo"

"Pierdes tu salud para hacer dinero y luego usas tu dinero para recobrar la salud."

Las manos de Dios tomaron las mías y estuvo en silencio por un rato y entonces le pregunté... "Padre, dime, qué lecciones deseas que yo aprenda?"

Dios respondió con una sonrisa:

Que aprendas que no puedes hacer que todos te amen y lo que puedes hacer es amar a los demás.

Que aprendas que lo más valioso no es lo que tengas en la vida, sino que tienes vida.

Que aprendas que no es bueno compararte con los demás.

Que aprendas que una persona rica no es la que tiene más, sino la que necesita menos.

Que aprendas que únicamente toma unos segundos herir profundamente a una persona que amas, y que puede tomar muchos años cicatrizar la herida.

Que perdonar se aprende perdonando.....

Que aprendas que hay personas que te aman entrañablemente, y que muchas veces no saben como expresarlo

Que aprendas que dos personas pueden mirar la misma cosa y las dos percibir algo diferente.

Que perdonar a los otros no es fácil, y que perdonarse a si mismo es el primer paso.....

Y que aprendas que Yo siempre estoy aquí para tí... siempre.

Autor desconocido

No siempre el camino mas corto o más cómodo es el mejor y mas provechoso. Cuando es muy fácil, el espíritu no hace ningún esfuerzo, no se ejercitan las capacidades humanas y estas no encuentran oportunidad de desarrollo"

Oscar Sánchez.

DEDICATORIA

- ✂ A Dios por darme la vida y el ser
- ✂ A mis semejantes
- ✂ A la Sra. *Juanita Guadalupe Alonso Fernández*, mi madre, porque es la esencia de mi ser y a quien ni con mi vida podré pagar todo lo que ha dado y hecho por mi. TE AMO entrañablemente mamá.
- ✂ Al Sr. *Constantino Ruíz Fachada*, porque se ha desecho para que yo séa y de quien aprendí, con hechos un modelo de vida. A mi amado padre que es mi orgullo.
- ✂ A quienes sin conocerlos los llegue a querer, porque me hicieron mucha falta, y a quien sólo Dios sabe por qué se los llevó....a mis hermanos.
- ✂ A la compañera que Dios me dió para compartir mi vida y que pronto estará a mi lado para darle felicidad .. te amo.. *Logi*.
- ✂ A nuestro bebé, porque es inocencia pura, es mi alegría y mi esperanza. Te quiero hijo.
- ✂ A mis abuelos, Ma. Del *Carmen Fachada* [†], *Alfonso Ruíz* [†] y señora *Eugenia Fernández*, por ser apoyo en mi formación y porque son una fuente infinita de amor y ternura.
- ✂ A mis primos y primas, especialmente a *Antelmo Zárate Ruiz*, por alentarme a cumplir una de mis más grandes sueños y de quien admiro su inteligencia y disciplina. Gracias hermano. A *Bernardina Zárate R.*, quien me brindó todo su apoyo, eres una persona increíble prima, te quiero mucho..
- ✂ A mis tías y tíos
- ✂ A mis sobrinos y sobrinas
- ✂ A los señores *Félix y Katy*, gracias por su apoyo
- ✂ A *Zita M^a. Salazar Durán* y su pequeña hija *Zita* por su amistad incondicional

- ✦ A mis amigos que hicieron mas grata mi estancia en la Universidad *Abisai* Martínez López, Ing. *Israel* H. L., Luis *Emmanuel* Macoco Ortiz, Ing. *Ricardo* López Rodríguez, *Joaquín* Poblete. A mi gran camarada *Ignacio* Reyes N. con quien compartí inolvidables momentos en la Universidad y por la amistad que me brindo su familia, *Anabel* y La pequeña *Katia*
- ✦ A la Ing. Ma. del *Carmen Zapata* Castro, oriunda de Cuatro Ciénegas Coah. por los inolvidables momentos que compartimos en la Universidad y en nuestro primer trabajo en el Estado de México, T.Q.M. Amiga.
- ✦ A mis compañeros de la generación CX de la carrera de Ingenieros Forestales.
- ✦ A la ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES OAXAQUEÑOS DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” A. C. de quien aprendí tanto y a quien tuve el honor de presidir con la colaboración de mis amigos, y compañeros: *José Luis* Feliciano L., *Jorge Luis* Cuevas H., *Manuel* Mendoza H., *Rodolfo* Torres N., *Wilfed* Mendoza J., *Josefina* Juárez D., *Jaime* Martínez M., *Adael* Ruíz A., *Moisés* Saucedo V., *Valentín* García L., *Gustavo* Morales M., *Elena* y *Vero* Santiago, *Adriana* Camarillo C., *Ajulia*, la Güerita de Gto. *Alejandro* Zárate, *Ofelia* Celis P., *Alvaro* Sosa R., *Raúl* Silva M., *Maximino* Cruz L., *Juan Fco.* Reyna V., *Clemente* Angón A., *Mario* V. Velasco G. y otros tantos Oaxaqueños y no Oaxaqueños, que hicieron posible el éxito de los eventos realizados.
- ✦ Al Ing. *Bañuelos*, amigo de Saltillo por su generosa hospitalidad y a don *Gonzalo Resendiz* por ser una persona tan sencilla y amable .
- ✦ A todas aquellas personas que por el momento escapan de mi mente y que de alguna manera contribuyeron a mi formación profesional.

PARA USTEDES.....

RECONOCIMIENTOS

- ☞ A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** porque gracias a ella se hacen posibles tantos sueños, entre otros y el más importante, ser útil a la sociedad.
- ☞ Al M.C **Martín Gómez Cárdenas**, quien es el responsable del proyecto del cual forma parte este estudio, así mismo por haber sido quien encausó la realización de esta tesis, por el apoyo brindado en la etapa de campo y por sus atinados comentarios al documento final.
- ☞ Al Ing. **Eduardo Aldrete Menchaca** por su interés y disponibilidad en la elaboración del presente estudio y por las valiosas aportaciones que enriquecieron a éste.
- ☞ M.C. **Salvador Valencia Manzo**, por la disponibilidad y dedicación que mostró en la elaboración del presente documento, por ser maestro y amigo y porque inspira en cómo vivir una forma de vida.
- ☞ Al Ph. D. **Miguel A. Capó Arteaga**, por la revisión y sugerencias al presente documento.
- ☞ Al Ph. D. **Eladio H. Cornéjo Oviedo**, por las sugerencias de contenido y estructura en mejora del presente documento.
- ☞ Al Mtro. **Felix P. D. Rösel**, por el apoyo que me brindo en la traducción del resumen del presente trabajo.
- ☞ A los maestros de la U.A.A.A.N. que contribuyeron en mi formación profesional.

GRACIAS....

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	4
II REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Beneficios del bosque y factores que ocasionan su deterioro .	5
2.1.1 La erosión como agente degradante del suelo	6
2.1.2 Restauración de suelos forestales degradados	7
2.2 La erosión en la Mixteca Alta de Oaxaca	9
2.3 Variación en especies forestales y sus aplicaciones	12
2.3.1 Mejoramiento genético forestal	14
2.3.2 Selección de especies	15
2.3.3 Ensayos de procedencias	18
2.4 <i>Pinus oaxacana</i> Mirov	23
2.4.1 Descripción	24
2.4.2 Ecología	25
2.4.3 Importancia	26
2.4.4 Estudios realizados en <i>Pinus oaxacana</i>	27
III MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Descripción del área de trabajo	30
3.1.1 Descripción de los sitios experimentales	31

3.2	Material experimental	35
3.2.1	Producción de planta	36
3.2.2	Plantación	36
3.3	Diseño experimental	37
3.4	VARIABLES EVALUADAS	37
3.4.1	Registro de datos	37
3.5	Análisis estadístico	40
3.5.1	Modelos utilizados	41
IV	RESULTADOS	43
4.1	Localidad Tlacotepec Plumas	43
4.1.1	Sobrevivencia	43
4.1.2	Crecimiento en altura y diámetro basal	43
4.1.3	Arquitectura de planta	46
4.2	Localidad Magdalena Zahuatlán	47
4.2.1	Sobrevivencia	47
4.2.2	Crecimiento en altura y diámetro basal	47
4.2.3	Arquitectura de planta	48
4.3	Efectos de localidad por procedencia	50
4.3.1	Efecto principal de localidad	50
4.3.2	Efecto principal de procedencias	53
V	DISCUSIÓN	57
5.1	Localidad Tlacotepec Plumas	57
5.1.1	Sobrevivencia	57
5.1.2	Crecimiento en altura y diámetro basal	58
5.1.3	Arquitectura de planta	60
5.2	Localidad Magdalena Zahuatlán	62
5.2.1	Sobrevivencia	62

5.2.2	Crecimiento en altura y diámetro basal	63
5.2.3	Arquitectura de planta	63
5.3	Efectos de localidad por procedencia	65
5.3.1	Efecto principales de localidad	68
5.3.2	Efecto principales de procedencias	71
VI	CONCLUSIONES	72
VII	RECOMENDACIONES	74
	RESUMEN	75
	SUMMARY	78
	LITERATURA CITADA	81
	APÉNDICE	90

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1.	Estimaciones de deforestación anual en México, para la década de 1980	6
Cuadro 2.	Principales características edafológicas de dos localidades donde se establecieron los ensayo de procedencias de <i>Pinus oaxacana</i>	34
Cuadro 3.	Características ambientales del área de distribución natural de <i>Pinus oaxacana</i> Mirov, utilizadas en el ensayo establecido en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.	35
Cuadro 4.	Sobrevivencia a 2.5 años de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> del ensayo establecido en Tlacotepec Plumas, Oax. ..	44
Cuadro 5 .	Prueba Tukey para cuatro variables de crecimiento e incremento en altura y diámetro basal a 2.5 años, de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en Tlacotepec Plumas, Oax.	45
Cuadro 6.	Prueba Tukey para dos variables de arquitectura de planta a 2.5 años, de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> , en Tlacotepec Plumas, Oax.	46
Cuadro 7.	Sobrevivencia a 2.5 años de ocho procedencias en Magdalena Zahuatlán, Oax.	47
Cuadro 8.	Prueba Tukey para cuatro variables de crecimiento e incremento en altura y diámetro basal a 2.5 años de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en Magdalena Zahuatlán, Oax.	49

Cuadro 9.	Prueba Tukey para dos variables de arquitectura de la planta 2.5 años, de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en Magdalena Zahuatlá, Oax.	50
Cuadro 10.	Promedio de siete variables evaluadas a 2.5 años, de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en dos localidades, de la Mixteca Alta, Oax.	52
Cuadro 11.	Sobrevivencia a 2.5 años de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> del ensayo establecido en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.	53
Cuadro 12.	Prueba Tukey para cuatro variables de e incremento crecimiento en altura y diámetro basal a 2.5 años de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.	54
Cuadro 13.	Prueba Tukey para dos variables de la arquitectura de la planta a 2.5 años de ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.	56
Cuadro 14.	Comparación porcentual de la procedencia mayor y menor con respecto a la media de la fuente de semilla de procedencia desconocida y al promedio general del ensayo para cada una de las variables estudiadas de las ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> . En la localidad Tlacotepec Plumas.	62
Cuadro 15.	Comparación porcentual de la procedencia mayor y menor con respecto a la media de la fuente de semilla de procedencia desconocida y al promedio general del ensayo para cada una de las variables estudiadas de las ocho procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> . En la localidad Magdalena Zahuatlán.	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización geográfica de los sitios donde se establecieron los ensayos de procedencias de <i>Pinus oaxacana</i>	32
Figura 2. Croquis del diseño experimental del ensayo de procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en la comunidad de Tlacotepec Plumas, Oax.	38
Figura 3. Croquis del diseño experimental del ensayo de procedencias de <i>Pinus oaxacana</i> en la comunidad de Magdalena Zahuatlán, Oax.	39

INTRODUCCIÓN

El suelo es la base de supervivencia de todo organismo del planeta, entre ellos el hombre, que desde tiempos inmemoriales depende directamente de él, ya que éste constituye el sustrato básico para importantes actividades productivas, como la agropecuaria y forestal. Además, la permanencia del suelo garantiza la preservación de hábitats completos y por ende de la biodiversidad; sin embargo, la erosión y la degradación del suelo son algunas de las principales amenazas para la continuidad y evolución de las especies (SEMARNAP, 1995).

El suelo de gran parte de la superficie terrestre está sujeto a la erosión por el agua y el viento, lo cual con frecuencia es ocasionado por la carencia de una cubierta vegetal (FAO, 1976). La degradación del suelo se ha intensificado en los últimos años, debido al acelerado crecimiento de la población y a la mala utilización de la tierra, particularmente en los suelos forestales o de aptitud preferentemente forestal que son los más impactados por causa del cambio de uso (Zerecero y Caballero, 1978).

El 16.6% del territorio mexicano, es decir, más de 32 millones de hectáreas, posee grados de erosión de severo a muy severo. Con azolves estimados en más de 500,000 toneladas anuales. Las regiones más afectadas por procesos de erosión son: en Oaxaca, la Mixteca, en Chiapas, La Frailesca; y en Tamaulipas, San Fernando (SEMARNAP, 1995).

En el estado de Oaxaca se pierde alrededor de 30,000 hectáreas al año por efectos del cambio de uso del suelo (SEMARNAP, 2000a), aunado a esto

la erosión de los suelos es aguda, presenta cerca de 1.3 millones de hectáreas de erosión severa, lo cual representa el 13.41% de su territorio total (SEMARNAP, 1995). De manera particular, la Mixteca Alta, Oax., presenta más del 80% de su superficie con diferentes grados de erosión, lo cual es ocasionado entre otras causas, por el cambio en el uso del suelo, el uso intensivo de madera para leña y para construcciones rurales, el sobrepastoreo, los incendios forestales y las plagas y enfermedades estas últimas dos inciden en la debilitación y muerte del arbolado dejando sin protección al suelo (UACH, 1986). El uso intensivo de madera se traduce en una sobreexplotación anual de 16,000 m³ de leña, debido a que el 91% de la población la utiliza como combustible (Becerra *et al.*, 1993).

La atención al problema del deterioro de los suelos es inminente, por ello, el establecimiento de plantaciones forestales con fines de rehabilitación de los suelos erosionados y de la cubierta vegetal, en general, constituye una de las demandas más importantes en la región. Existen antecedentes de reforestaciones efectuadas en el pasado, las cuales han tenido poco éxito, debido entre otros factores a una inadecuada selección de las especies utilizadas (Ruíz, 1990). Una alternativa para resolver la situación anterior, se puede encontrar en los ensayos de procedencias o especies con origen geográfico y fuente parental conocida, puesto que la especie y la fuente de semilla determinan en gran parte el éxito logrado en las plantaciones forestales (Capó *et al.*, 1993; Zobel y Talbert, 1988). En este sentido, el ensayo de procedencias consiste en la recolección de semilla de alguna especie cualquiera en diferentes puntos geográficos o fuentes de origen, ubicados en el área de distribución natural, y en su establecimiento y evaluación en parcelas experimentales en las localidades de interés, con el propósito de determinar la mejor procedencia para cada localidad en particular (Villarreal, 1992).

Pinus oaxacana Mirov, es nativa de la Mixteca Alta Oaxaqueña y de todo el sureste de México, además puede prosperar satisfactoriamente en suelos

menores de 10 cm de profundidad, perturbados, con afloraciones de roca en proceso de intemperización y bajo una precipitación media anual de 500 mm (Becerra *et al.*, 1993). En evaluaciones a 10 años de edad en algunas reforestaciones presentes en el área de estudio, los valores de esta especie en supervivencia y crecimiento han superado los de otras especies forestales (Ruíz, 1996). Desafortunadamente no todas las reforestaciones efectuadas con esta especie han sido exitosas y se desconoce cuales fueron las procedencias utilizadas tanto en las plantaciones con resultados favorables como en aquellas con resultados no deseados. Por otra parte, el reducido tamaño de las poblaciones nativas de *Pinus oaxacana*, las cuales en la mayoría de los casos están constituidas por individuos mal conformados y plagados, las hace insuficientes e inadecuadas para el abastecimiento de semilla de calidad mínima. Lo anterior ha motivado a estudiar con mayor profundidad el desarrollo de diferentes procedencias de semillas introducidas en dos diferentes ambientes de la Mixteca Oaxaqueña, así como los factores que influyen en dicha respuesta. En este contexto, se espera que diversas características morfológicas y fisiológicas mensurables se manifiesten en forma diferente al compararlas entre las diferentes procedencias de semilla utilizadas en el estudio. Por lo que se espera seleccionar procedencias que aseguren el éxito en el corto plazo de los programas de reforestación y paralelamente, mitigar el deterioro del suelo por el efecto de la erosión.

1.1 Objetivos

Objetivo general

Seleccionar la o las procedencias de *Pinus oaxacana* que se desarrollen satisfactoriamente, a fin de asegurar el éxito de futuras reforestaciones, con el propósito en el corto plazo de frenar la pérdida del suelo e iniciar la recuperación, y protección de éste, y en el largo plazo, crear una base de obtención de materias primas.

Objetivo específico

Determinar la variación entre ocho procedencias de *Pinus oaxacana*, plantadas en dos localidades de la Mixteca Alta (Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán); así mismo determinar si existe efecto de interacción localidad por procedencia y si existen diferencias entre las dos localidades de prueba, en las variables: sobrevivencia, altura total, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y número de verticilos.

1.2 Hipótesis

Las hipótesis nulas son:

- Ho: No existen diferencias entre las ocho procedencias de *Pinus oaxacana*, evaluadas en cada localidad para las variables sobrevivencia, altura total, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y número de verticilos.
- Ho: No existe interacción localidad por procedencia, de *Pinus oaxacana*, para las variables ya mencionadas.
- Ho: No existen diferencias entre localidades de prueba, para el promedio de procedencias de *Pinus oaxacana*, para las variables ya mencionadas.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Beneficios del bosque y factores que ocasionan su deterioro

Los bosques ofrecen un gran número de bienes y servicios, tanto a sus dueños, como a la sociedad, estos bienes incluyen desde los que son exclusivamente privados, como los productos forestales maderables y no maderables, hasta los que son públicos, como la protección al suelo, la cantidad y la calidad del agua, la biodiversidad y el secuestro de carbono. Estos bienes se perciben y afectan en diferentes escalas; por ejemplo, la conservación de suelos a una escala regional, la biodiversidad a una escala nacional y el secuestro de carbono a una escala global (Segura y Bellón, 1993).

En México la superficie forestal se reduce año con año por causa de la deforestación provocando de ésta manera el deterioro y la extinción de especies lo cual es irreversible o lo más dramático la desertificación. En un análisis de la situación forestal en México, Masera y Ordóñez (1992) estiman una tasa de deforestación de 600,000 hectáreas anuales, los mismos autores señalan que la superficie en México es aproximadamente de 2 millones de km², de los cuales, en la década de 1980 aproximadamente 26% de la superficie (50 millones de ha) se encontraban cubiertas por bosques cerrados y la tasa de deforestación (no existe información confiable) se estima entre 400,000 a 1.5 millones de ha año¹ (Cuadro 1).

Como puede deducirse fácilmente, en México el cual es un país en desarrollo, la influencia del hombre sobre el bosque resulta en general altamente destructiva, puesto que modifica o elimina el ambiente necesario para

Cuadro 1 Estimaciones de deforestación anual en México. Para la década de 1980.

Actividad	Bosque de coníferas	Bosque de latifoliadas	Selvas húmedas	Selva seca	Total
Deforestación (miles de hectáreas)	163	82	237	322	804
Pastizal	28%	28%	58%	57%	49%
Agricultura	16%	17%	10%	14%	13%
Fuego	49%	47%	22%	7%	24%
Extracción	5%	5%	2%	5%	4%
Otras	3%	3%	7%	16%	10%

Fuente: Masera y Ordóñez (1992)

el desarrollo de las comunidades bióticas, causando su desaparición automática, modificando las características de suelo y exponiéndolo a la erosión, lo cual tiene efecto en las modificaciones al régimen hídrico, contaminación del aire y del agua y alteración del clima, este proceso de devastación tiene sus orígenes, sin duda, desde la llegada misma del hombre al territorio mexicano (Rzedowski, 1978).

2.1.1 La erosión como agente degradante del suelo

La erosión se debe a la eliminación acelerada de los materiales edáficos por la acción del agua y del viento o por el arrastre gravitacional. Este fenómeno es un proceso natural que siempre ha estado presente, sin embargo, las actividades humanas han acelerado el proceso, desestabilizando el ritmo normal, lo cual se denomina como erosión antropogénica (Pritchett, 1986).

La erosión tanto eólica como hídrica son los fenómenos naturales que inciden mayormente en la degradación de los suelos; se encuentran presentes en casi todos los terrenos con pendientes; sin embargo, en la naturaleza se establece un equilibrio entre la formación del suelo a partir de las rocas madres originales y la pérdida misma a causa de la erosión natural. El problema se agudiza cuando a causa de la degradación de la vegetación natural aumenta la erosión hasta niveles que supera la capacidad de la naturaleza. Desde ese

momento, el suelo se pierde y con él desaparece la posibilidad de mantener una vegetación protectora de calidad (Mesón y Montoya, 1993).

Existen dos clases de erosión, la geológica y la inducida; la geológica es ocasionada por diversos fenómenos de intemperismo natural, este proceso es tan lento que se necesita mucho tiempo para producir cambios importantes en la configuración de la superficie terrestre. La erosión inducida es ocasionada por la influencia del hombre, que modifica el proceso natural acelerando el proceso de pérdida de suelo; las causas de este fenómeno son, el uso irracional del bosque, donde la tala y las operaciones de arrastre perturban directamente el suelo, el sobrepastoreo, la construcción de carreteras, la labranza del terreno, asimismo, el material original, la pendiente, la exposición y la textura del suelo influyen notablemente en el movimiento del suelo y la subsecuente sedimentación de éste cuesta abajo (Torres, 1984; Pritchett, 1986).

La erosión en la región denominada como Mixteca Alta, Oax., es causada, principalmente, por la deforestación debido al aprovechamiento masivo industrial y continuo rural del recurso forestal, los incendios forestales, así como por el desmedido aprovechamiento agropecuario, es decir, el uso de terrenos no apropiados para la agricultura y el sobrepastoreo, que los habitantes de la Mixteca han practicado desde siempre, de manera que los hechos recientes son una consecuencia del tiempo que el suelo ha estado sujeto a la perturbación lo cual conduce a un desequilibrio ecológico (SARH, 1980).

2.1.2 Restauración de suelos forestales degradados

Los recursos forestales juegan un papel importante en la estabilidad de un ambiente favorable para el desarrollo de la vida, tanto en su aspecto biológico, como en lo social y económico (Salgado, 1978). Por lo tanto, es necesaria la restauración de la vegetación en las zonas degradadas para asegurar la conservación a largo plazo de los suelos, y para preservar los

múltiples beneficios que los bosques puedan proporcionar, puesto que la producción principal de un bosque no es primordialmente económica, aunque muchos confunden que el bienestar es sinónimo de dinero. De manera que más bien toman importancia los valores ambientales, tales como el paisaje, la recreación, la protección a los suelos y la protección de la fauna lo cual es necesario para el desarrollo productivo y la preservación de la riqueza biológica del país (Mesón y Montoya, 1993; SEMARNAP, 2000b).

La pérdida de la cubierta vegetal trae consigo, generalmente, la destrucción del suelo por erosión, lo que a su vez origina contaminación de aguas y azolvamiento de obras hidráulicas, aumenta la probabilidad de inundaciones, disminuye la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, desaparece la fauna silvestre, se crean condiciones propicias para la generación de tolveneras y en general, el deterioro ambiental se manifiesta en todos los factores que intervienen en los sistemas geológicos (Salgado, 1978).

Zerecero y Caballero (1978) clasifican a las plantaciones forestales orientadas al mejoramiento y restauración del ambiente, de la siguiente manera:

- Protectoras. Éstas tienen por objetivo la protección de cuencas y evitar procesos de erosión.
- Mejoradoras del medio ambiente. Éstas se practican en las ciudades donde se presentan índices alarmantes de deterioro ambiental.
- De recuperación de suelos erosionados. Éstas pretenden frenar o evitar que continúen los procesos de erosión de los suelos, con la siguiente pérdida de la fertilidad de los mismos.
- Experimentales. Éstas tienen como objetivo proporcionar conocimientos y experiencias técnicas y científicas para determinar la selección y un manejo de las mejores especies, ecotipos y progenies con base en sus características ecológicas, silvícola y genéticas, entre otras.

La reforestación, en cualquier lugar que se realice y sea cual fuere su principal propósito, traerá como consecuencia secundaria un mejoramiento ambiental. Sin embargo, habrá de reconocer las dificultades que el establecimiento de esta práctica conservacionista presenta, ya que además de las limitaciones para llevar a cabo las prácticas de reforestación, se le agregan las de complementar el programa con medidas de seguridad que permitan el desarrollo y crecimiento de las especies plantadas (Salgado, 1978).

La mayoría de coníferas son intolerantes y algunas de éstas poseen un alto potencial para regenerar suelos pobres, por su evidente carácter de especies pioneras (Mesón y Montoya, 1993), tal es el caso de *Pinus oaxacana* el cual en un estudio realizado por Becerra *et al.* (1993), se encontró que puede prosperar satisfactoriamente como protectora y formadora de suelo, además *Pinus oaxacana* se encuentra en un listado de especies apropiadas para recuperar áreas erosionadas y proteger cuencas hidrológicas; en esta clasificación se contemplan coníferas tales como, *Pinus cembroides* Zucc, *P. pinceana* Gord, *P. Nelson* Shaw, *P. leiophylla* Schl et Cham, *P. chihuahuana* Engelm, *P. lumholtzii* Robert et Fern, *P. herrerae* Martinez, *P. oaxacana*, *P. arizonica* Engelm y *P. greggii* Engelm; además de especies latifoliadas, entre las que se encuentran, *Ailanthus altissima* Mill, *Albizia lebbek* Britt, *Casuarina cunninghamiana* Miq., *C. Equisetifolia* J. R. Forst, *Eucalyptus* spp L'Her, *Tamarix* spp Karts, *Juniperus deppeana* L., *Parkinsonia aculeata* L., *Pithecellobium dulce* Benth y *Schinus molle* L. (Niembro, 1990).

2.2 La erosión en al Mixteca Alta Oaxaqueña

Según una evaluación efectuada por la Universidad Autónoma Chapingo (1986), la pérdida del suelo en la región Mixteca Alta, es un proceso persistente

e intenso, ya que el 13% de la superficie presenta erosión “muy alta” con pérdidas de suelos mayores de 200 ton ha⁻¹año⁻¹, el 46% presenta erosión “alta” con pérdidas de suelo de 50 a 200 ton ha⁻¹ año⁻¹, el 39% presenta erosión “moderada” con pérdidas anuales de suelo de 10 a 50 ton ha⁻¹año⁻¹ y sólo en el 2% de la superficie la erosión es “ligera” con pérdidas de suelo menores de 10 ton ha⁻¹año⁻¹. Este fenómeno se debe principalmente a:

- a) Deforestación en pendientes pronunciadas con fines de uso agrícola;
- b) Sobrepastoreo, en su mayoría de ganado caprino;
- c) Uso de la madera con fines energéticos y de construcción para autoconsumo y venta;
- d) Extracción clandestina de madera, la explotación intensiva y selectiva de madera dimensionada, combinada con las prácticas dasonómicas deficientes; e
- e) Incidencia de incendios, plagas y enfermedades.

Ruíz (1990) menciona que por lo menos una tercera parte de la superficie presenta deterioro irreversible, manifestado en la ausencia total del suelo y de su cubierta vegetal original. Otras dos terceras partes incluyen bosques notablemente fragmentados y perturbados, los cuales en su mayoría se componen de manchones y grupos de individuos relictuales de la vegetación natural los que requieren actividades inmediatas de rehabilitación ecológica.

La presión que ejercen los habitantes de esta región sobre el bosque es intensa, ya que el consumo de leña es mayor que el incremento anual en volumen del bosque lo que significa una reducción considerable de las áreas arboladas, ocasionando que los habitantes de esta región tengan que caminar en promedio de 5 a 8 km e invertir de uno a dos meses año⁻¹ familia⁻¹ para la recolección de leña (Castellanos, 1993). De esta manera se impide la recuperación de la cubierta vegetal, originando la pérdida acelerada de especies de valor actual y potencial y en consecuencia disminuyen el potencial genético vegetal y animal de la región.

Las reforestaciones que se han desarrollado con el objetivo de afrontar la problemática regional de la erosión, se han realizado desde 1947, los resultados son poco alentadores, pues en la actualidad sólo existen pequeños vestigios de árboles con crecimientos pobres y en forma aislada, además no se cuenta con antecedentes precisos de las especies utilizadas, fechas de plantación y superficies reforestadas (Ruiz,1990) posteriormente el gobierno federal a través de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), y la Coordinadora General del Plan Nacional de Zonas Oprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR) implementó de 1978 a 1998 en la región un programa de capacitación y empleo cooperativo para el fomento de recursos naturales, con la finalidad de combatir el desempleo rural, mediante la reforestación, para incorporar tierras improductivas al proceso productivo (Ávila, 1981). Actualmente se puede observar que las superficies forestales se reducen a pequeños manchones (grupos de árboles aislados y con crecimientos pobres), producto de utilizar especies no aptas para el tipo de ambiente local, dando como resultado el fracaso casi total del programa en la mayor parte de la región, pues ni siquiera se consideran los ambientes ecológicos de la Mixteca Alta para el establecimiento de especies (Ruíz, 1990). Sin embargo, Ruíz (1996) realizó un diagnóstico de estas plantaciones en las localidades de Magdalena Zahuatlan, San Juan Achiutla y Tlacotepec Plumas y encontró que en las reforestaciones la especie *Pinus oaxacana* es la más sobresaliente por sus características de crecimiento, su abundante aportación de materia orgánica, buena producción de conos y presencia de regeneración natural.

A partir de 1997 y con el objetivo de obtener mejores resultados el programa estatal de conservación de suelos 1995-2000 se dedicó a desarrollar diversas estrategias, tales como, utilizar el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) como un instrumento enfocado principalmente para la recuperación de suelos y la restauración ambiental y promover los esquemas

de reforestación a partir del establecimiento de pequeños viveros, bajo la responsabilidad de comunidades. Como puede deducirse dentro de éstos rubros no se contemplan trabajos de investigación que tengan como objetivo la identificación de especies y procedencias de semillas a utilizar, aún sabiendo , por sentido común, que este aspecto fundamenta la toma de decisiones más importantes para el éxito de las plantaciones (Capó, 2002), ya que el traslado de una procedencia a un ambiente diferente puede resultar con pérdidas en crecimiento o fracaso total (Nienstaedt, 1990).

2.3 Variación en especies forestales y sus aplicaciones

La variación es un fenómeno común en todos los seres vivos, por el cual, todos los individuos de una especie, e incluso de la misma población, presentan diferencias cualitativas y cuantitativas. Este fenómeno se debe principalmente a la doble influencia de los factores hereditarios y ambientales. Estas diferencias son objeto de estudio de la genética, las cuales afectan a las especies en su morfología, color, tamaño, peso, y caracteres bioquímicos, entre otros; estas características se expresan mediante parámetros estadísticos (Enciclopedia Salvat,1972).

La variación natural es la materia prima del mejoramiento genético forestal; sin variación en sobrevivencia, crecimiento, resistencia a enfermedades, características de la madera, entre otros, no sería posible producir genotipos adaptados a diferentes condiciones ambientales (Nienstaedt, 1990).

El fenotipo del árbol está determinado por la interacción genotipo ambiente, el primero es la parte genética que el individuo tiene como potencial hereditario, y el segundo, es el factor ambiental en el cual se desarrolla y crece el árbol. Además algunos incluyen el componente fisiológico, el cual controla y determina el funcionamiento interno de un individuo (Jasso y Villarreal, 1993).

La variación genotípica es el factor interno donde los genes determinan las propiedades hereditarias de un individuo. El fenotipo corresponde a las características externas del árbol, las cuales se pueden apreciar directamente por nuestros sentidos. Así, también los factores ambientales tienen un valor selectivo y determinan los genotipos que sobreviven y la expresión fenotípica del genotipo. Por lo tanto, para poder hacer uso de la variación es necesario saber, que características son variables, la magnitud de su variación, y los patrones de la misma (Nienstaedt, 1990).

Zobel y Talbert (1988) mencionan que los fenómenos que determinan la variación genética son cuatro, dos que la aumentan: la mutación y el flujo génico; y dos que la disminuyen: la selección y la deriva génica. El hombre es también causante de variabilidad cuando aplica métodos selectivos de corta a los bosques y realiza mejoramiento genético; con la aplicación de este último método se pueden lograr rápidas y grandes ganancias genéticas. Young (1991) menciona que la variación genética es la forma de cómo los árboles han podido adaptarse a los ambientes cambiantes, variables y adversos.

La variación geográfica genéticamente controlada suele ser grande, especialmente en el campo de las características relacionadas con la adaptabilidad, por lo que dichas diferencias son de importancia. Las diferencias geográficas dentro de la especie con frecuencia no son fáciles de determinar y los límites por lo general tampoco están bien definidos, a menos que exista una separación ambiental definida. En consecuencia, la decisión de lo que constituye una fuente geográfica suele ser un tema de juicio u opinión. Cuando se estudian más de dos procedencias, algunas veces éstas presentan diferencias bastante grandes relacionadas con distintos sitios, con frecuencia estas diferencias no están determinadas genéticamente y sólo representan los efectos de diferentes ambientes sobre el crecimiento y desarrollo del bosque. En ocasiones, los rodales dentro de un sitio determinado presentan diferencias

genéticas, las cuales son relativamente pequeñas, por lo tanto, pueden ignorarse; más sin embargo, merecen ser tomadas en cuenta en algunas ocasiones cuando el hombre ha intervenido cambiando las poblaciones a través de la corta selectiva o aclareos u otras actividades de manejo forestal. Las diferencias entre los árboles individuales dentro de un mismo rodal son el principal tipo de variación que el genetista suele utilizar en un programa de selección. Algunas características cualitativas en árboles individuales tales como la forma y la adaptabilidad suelen estar controladas genéticamente (Zobel y Talbert, 1988). Los estudios de variación son de utilidad e importancia, ya que éstos son la base para seleccionar germoplasma con características adecuadas para una localidad o un fin determinado (Villarreal, 1992).

2.3.1 Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal se fundamenta en la genética, la cual es una ciencia importante para la humanidad pues de su conocimiento depende que la actual generación y las siguientes puedan disponer de suficientes alimentos. Así mismo, es importante reconocer que los recursos genéticos forestales y la diversidad existente en miles de especies arbóreas útiles, constituyen un recurso inter-generacional de importancia social, económica y ambiental (Hernández, 1988).

El mejoramiento genético forestal se basa en la ciencia de la genotecnia forestal en combinación con la ciencia de la silvicultura, con el propósito del mejoramiento de los bosques lo cual se traduce en la obtención de productos forestales más redituables lo más rápido y económicamente posible (Zobel y Talbert, 1988).

Young (1991) menciona que uno de los objetivos del mejoramiento genético forestal es aplicar los principios genéticos, al desarrollo de líneas de árboles que pudieran tener mayor valor para los hombres, mediante un proceso

de domesticación que supone la selección y propagación de especies y procedencias que poseen características deseables, tales como, producción, o resistencia a ciertos factores ambientales.

La importancia del mejoramiento genético forestal radica en que a diferencia de otros insumos, éste se puede aplicar una sola vez por generación y sus efectos son irreversibles, situación que presenta dos matices, por una parte el incremento de la producción sin inversiones adicionales; y por otra el peligro de haber seleccionado en forma equivocada el material que se va a utilizar (Villarreal,1992).

Barner *et al.* (1992) mencionan que los objetivos del mejoramiento genético forestal son: maximizar la adaptabilidad de las especies a los sitios potenciales de plantación y por lo tanto, de sobrevivencia; incrementar las tasas de crecimiento; la resistencia a enfermedades; mejorar la calidad de los productos finales de los árboles tales como madera, leña, forraje y estabilización de suelos, entre otros.

Cuando el mejoramiento genético forestal se aplica para obtener características de adaptabilidad, el objetivo es obtener una máxima tolerancia a los factores ambientales adversos. Nunca se encontraran árboles que sean totalmente tolerantes a la sequía, al frío o al exceso de humedad; sin embargo, debe procurarse obtener árboles que toleren mejor las sequías severas, los climas fríos o que crezcan aceptablemente en ambientes adversos, además de aumentar y mantener la variabilidad genética dentro de las poblaciones de los árboles forestales que se estén utilizando (Zobel y Talbert, 1988).

2.3.2 Selección de especies

La selección natural no siempre favorece a los organismos que satisfagan las necesidades humanas presentes; sin embargo, el manejo

artificial de ellos permite, a través del mejoramiento genético, seleccionar los genotipos de acuerdo con las exigencias del momento, puesto que las especies presentan una gran variación en muchas características, aún en especies del mismo género y misma especie, entre ellos el potencial genético para crecer; por lo tanto, es evidente que la selección de especies es de importancia para el éxito de los programas de reforestación (Jasso y Villarreal, 1993).

Existen dos tipos de selección de especies; la primera es la selección natural, la cual favorece a aquellos que están mejor adaptados al ámbito local; la segunda, es la selección artificial, ésta beneficia a aquellos individuos que posean características deseables y adecuadas para los propósitos específicos de la plantación (madera, combustible, forraje, control de la erosión, etc.). Los principales criterios en la selección de especies son: la adaptación a condiciones climáticas, edáficas y de manejo del nuevo ambiente y resistencia a plagas y enfermedades (Barner *et al.*, 1992).

La variación en los árboles está asociada con la variación de las condiciones del ambiente a través del rango de distribución de la especie, lo que produce plantas genéticamente variables. Si una especie cubre un rango de distribución continuo y amplio, con condiciones ambientales variables, es casi seguro que existirán diferencias entre los árboles, como una respuesta de la especie al adaptarse a un determinado hábitat. Así que individuos de una misma especie vegetando en condiciones ambientales diferentes pueden desarrollar diferentes hábitos de adaptación a los mismos (Patiño y Garzón, 1976).

La teoría de selección de una especie es simple, puesto que consiste en comparar el ambiente de la procedencia o fuente con aquella donde se establecerá la plantación. Otro método útil es la zonificación, sin embargo, la decisión no es tan simple, ya que el estudio rápido de los ambientes es tan sólo el primer paso. En general, existen reglas esenciales que deben observarse

cuando se pretenda seleccionar especies de uso probable en nuevos ambientes, tales como su adaptabilidad para la supervivencia, el crecimiento y las propiedades de la madera. Aunque la capacidad para reproducirse en un nuevo ambiente es conveniente pero no esencial para el desarrollo de la plantación si se pueden obtener semillas de huertos o rodales semilleros establecidos en cualquier otro lado (Zobel y Talbert, 1988).

Callaham (1964) hace las siguientes consideraciones relativas a la variación dentro de la especie:

- a) Un ambiente variable a lo largo del área de distribución de la especie da lugar a una especie variable genéticamente. Las especies con amplia distribución tienden a ser más variables que las de distribución restringida.
- b) Los tipos de variación ecotípica y clinal se corresponden paralelamente con los tipos de variación ambiental; las discontinuidades en los tipos de variación están relacionadas con interrupciones en la distribución de la especie o cambios rápidos en los factores ambientales.
- c) Las razas de una especie que viven en regiones climáticas diferentes pueden diferir en la adaptación a factores ambientales. En una región un cierto factor ambiental puede ser crítico, en otra región este factor puede ser menos importante que algún otro factor crítico.
- d) Las poblaciones serán semejantes pero no idénticas, en la adaptación al mismo ambiente. Generalmente, los factores limitantes no son los mismos para especies cohabitantes.
- e) Se necesitarán uno o dos ensayos de origen de las semillas, para determinar el origen óptimo. La mayoría de las especies y de los ambientes son demasiado variables para ser analizados completamente en una experiencia.
- f) Los estudios sobre origen de las semillas con especies nativas, muestran generalmente que el origen local es el más adaptado, pero no necesariamente el más productivo. Las poblaciones exóticas no igualan

a las locales en adaptación a la combinación única de factores que representa el medio ambiente local.

- g) El uso de la semilla local es el más aconsejable si se sabe poco sobre la variación en una especie nativa.
- h) No se puede predecir el desarrollo de las especies que han estado mucho tiempo sometidas a cultivo o perturbadas por el hombre o de especies llevadas a ambientes radicalmente diferentes.

2.3.3 Ensayos de procedencias

Una procedencia es el área geográfica original de la cual se obtienen semillas u otros propágulos (Zobel y Talbert 1988).

En dasonomía, la procedencia se refiere al lugar donde viven los árboles o al origen de las semillas, es decir, es una area con fronteras delimitadas y limites altitudináles establecidos, dentro de las cuales el clima y el suelo son lo suficientemente uniformes como para que las semillas puedan moverse libremente por el interior sin problemas de adaptación . La fuente de semilla se refiere a los árboles plantados de una localidad, en particular de donde se obtienen semillas, la cual puede ser una plantación con procedencias conocidas o desconocidas (Callaham, 1964).

Una prueba de procedencias es un ensayo experimental con repeticiones, para comparar el comportamiento de las progenies de árboles colectados en diferentes localidades de su área natural de distribución (Eguiluz, 1988).

La mejor información disponible en el campo del mejoramiento genético forestal se relaciona con la procedencia u origen de semilla. Sin embargo, la distribución natural de algunas especies comprende extensas áreas geográficas, lo cual hace que exista una alta variación genética. Por ello es

esencial realizar ensayos de procedencias con especies promisorias que presenten un rango de distribución natural geográfico y ecológicamente amplio (Zobel y Talbert, 1988).

Parte del éxito de cualquier plantación se basa en contar con una fuente adecuada de semilla, capaz de originar árboles adaptados al sitio de plantación y que presente crecimientos para asegurar su rentabilidad. Por el contrario, contar con una semilla de procedencia desconocida y/o de una especie que no crece ni se ha ensayado en el lugar de plantación puede conducir al fracaso (Saénez y Plancarte, 1992).

La investigación de procedencias persigue la determinación de los componentes genéticos y ambientales de la variación fenotípica entre árboles de diferentes orígenes geográficos. Callaham (1964) menciona que la investigación de procedencias pretende estudiar la variabilidad genotípica dentro de la especie y la relación de ésta con la influencia del ambiente, así como las reacciones de éstas al desplazarlas a un ambiente extraño al suyo. Por lo tanto, el objetivo de la investigación de procedencias en su sentido más amplio debe incluir estudios de la variación clinal y ecotípica en adaptación, relacionados con la variabilidad ecológica dentro de la especie y estudios de las diferencias no adaptativas que puedan derivarse del aislamiento u otros factores.

Zobel y Talbert (1988) mencionan que para trasladar una semilla de un ambiente a otro, para su utilización en plantaciones operativas de manera inmediata no existe recomendaciones, sólo la utilización de la experiencia obtenida y el sentido común, más si se desea conocer la respuesta de la procedencia en el largo plazo se necesita efectuar pruebas. Al momento de trasladar especies o procedencias, existen reglas generales que tomar en cuenta; las principales son:

- a) No trasladar una procedencia de un clima de tipo mediterráneo a un clima de tipo continental; es más seguro mover la semilla de un clima continental a un marítimo, ya que los periodos de humedad y temperatura son muy distintos entre sí.
- b) No trasladar una especie de un clima uniforme con mínimas fluctuaciones de precipitación y temperatura, a un clima con fluctuaciones grandes; aunque sus extremos y promedios anuales sean similares.
- c) No trasladar especies de altas elevaciones o altas latitudes a bajas elevaciones o bajas latitudes. Sin embargo, las procedencias de elevadas altitudes y de bajas latitudes se trasladan exitosamente a bajas altitudes en latitudes mayores y viceversa. De manera general, las especies que crecen en elevaciones altas y latitudes superiores presentan crecimientos lentos pero con buena forma; al contrario de las que crecen en bajas altitudes y latitudes las cuales presentan crecimientos rápidos, pero mal conformadas.
- d) No trasladar una especie de hábitat en suelos básicos a suelos ácidos, o viceversa.

Cada estudio de procedencias debe desarrollarse por lo menos en dos etapas, en una primera prueba exploratoria se ensayan muchas procedencias, en pequeños sitios representativos, esta primera prueba indicará el camino para la segunda etapa, en la que se establecerán pruebas refinadas utilizando semillas de árboles buenos de los orígenes más prometedores, plantados en amplias zonas. Realmente cada una de estas etapas puede requerir varias subetapas para conseguir el objetivo deseado. Por ello, los estudios sobre procedencias son costosos porque exigen estos pasos y ha de transcurrir mucho tiempo antes de que se pueda valorar el desarrollo de los árboles. Puede necesitarse de 50 a 80 años para determinar los mejores orígenes en especies de crecimiento rápido, aunque sin duda a los 10 ó 20 años los resultados indicaran cuales son mejores (Callaham, 1964).

Nienstaedt (1990) menciona que las poblaciones de árboles forestales están adaptadas a las condiciones ambientales locales y el traslado de una población de un ambiente a otro diferente puede resultar en pérdidas grandes de crecimiento o fracaso total. Por lo tanto, como regla general para la introducción de especies exóticas se deben tomar en cuenta las sugerencias para el movimiento de germoplasma señalado por Zobel y Talber (1988); estas recomendaciones son aplicables a especies exóticas pero no son suficientes para trasladar y controlar especies nativas, para ello se necesita de la zonificación de la especie, donde las respuestas de las procedencias en las pruebas, son la base de la zonificación, considerando que cada especie tiene una zonificación específica.

Zobel y Talbert (1988) afirman que todo lo que se ve y se juzga en el bosque es el fenotipo del árbol con el cual no es posible determinar que porción de las diferencias que existen entre los árboles están bajo control genético o ambiental sin antes hacer pruebas genéticas. Ciertamente es posible hacer deducciones con base en la magnitud y patrón de la variación, pero la comprobación del control genético requiere pruebas genéticas en las cuales se recomienda las fuentes parentales. Las ganancias más fáciles y más rápidas de la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal se obtienen asegurando el uso de la especie y fuente de semilla adecuada dentro de la especie.

Las procedencias o variaciones de los árboles de una misma especie en su rango de distribución ha sido reconocidas desde hace mucho tiempo. Estas variaciones dentro de una especie se manifiestan en los caracteres genéticos y morfológicos expresados en las diferencias existentes entre tamaño del árbol, diferencias en corteza, hojas, cono, o bien, el grado de coloración en las hojas jóvenes, corteza, yemas y ramillas, entre otros (Patiño y Borja, 1973).

Hocker (1984) menciona que en los ensayos de procedencias los árboles deben de plantarse todos al mismo tiempo, para eliminar las diferencias en edad, de esta manera quedan como fuente de variación el ambiente y el genotipo, los cuales determinan las características de las variables de los árboles que se comparan. Esta relación se expresa con la siguiente fórmula: $F = G + A$; Donde; F = Fenotipo; G = Genotipo; A = Ambiente.

De acuerdo con Patiño y Garzón (1976), al realizar el análisis de las procedencias éstas deben de ordenarse en función del gradiente latitudinal, ya que éste es un componente ambiental de importancia en la taxa.

Si se considera un periodo largo de tiempo, se encontrará que los ambientes nunca son consistentes, de tal forma que cuando el ambiente es cambiante nuevas características se vuelven ventajosas reemplazando a las originales (Willan *et al.*, 1993).

Patiño y Borja (1973) señalan que la realización de ensayos de especies y procedencias permite el incremento en la productividad en plantaciones al detectar las especies o ecotipos más productivos para la región en que se realiza la prueba. A través de estos ensayos el hombre ha roto las barreras geográficas que limitan la utilización del germoplasma de especies forestales, ha incrementando la variabilidad genética de sus poblaciones nativas y ha aumentado la posibilidad de obtener material para plantaciones de mayor producción, mayor resistencia a plagas y enfermedades y una mayor adaptación a condiciones climáticas diferentes, entre otras ventajas.

Barner *et al.* (1992) mencionan que los resultados de los ensayos de procedencias son base para nuevas selecciones. Los experimentos de campo hacen posible distinguir la variación genética de otras fuentes de variación, determinando de esta manera el mejor genotipo para un uso futuro. Por su parte, Patiño y Borja (1973) señalan que los ensayos de procedencias

proporcionan información fundamental y básica para el manejo de las especies, con relación a conocimientos más precisos sobre las exigencias de las especies, leyes de la variabilidad, y en particular, explicación de la variabilidad genética por la variabilidad de los factores del medio que ejercen una presión de selección, interacciones genotipo - ambiente, información sobre la evolución de las especies y acción de la presión de la selección, entre otros.

Callaham (1964) menciona que los siguientes pasos son fundamentales para el estudio completo de procedencias:

- a) Recopilar los datos disponibles sobre la variabilidad dentro y entre poblaciones.
- b) Elegir los objetivos y métodos considerando los tipos de variación conocidos y supuestos.
- c) Planificar y tomar las muestras incluyendo muchas procedencias que permitan cubrir los objetivos.
- d) Realizar investigaciones biosistemáticas de procedencias para escribir los tipos de variación.
- e) Establecer experiencias sobre origen de semillas en estaciones representativas con unas pocas procedencias elegidas entre las más prometedoras o típicas.
- f) Combinar los resultados de los estudios biosistemáticos y de origen de semilla para elegir las regiones que probablemente producirán la semilla óptima.

2.4 *Pinus oaxacana* Mirov

Esta especie se conoce con los nombres comunes de pino chalmaite y pino ocote (Perry, 1991).

En términos taxonómicos esta especie ha resultado un tanto controversial en su denominación, ya que algunos la nombran como una

variedad del *Pinus pseudostrobus*, es decir *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* y otros solo como *Pinus oakacana*, Eguiluz (1978) menciona que Shaw en 1909 la describió como *P. pseudostrobus* var. *apulcencis*. Posteriormente, Martínez (1948) describe la misma especie como *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana*. Por último, Mirov en 1958, designa a este pino como *Pinus oakacana*, porque difiere significativamente en características químicas y morfológicas tales como composición de la trementina y en la forma y estructura del cono de *Pinus pseudostrobus*, (Mirov, 1961).

2.4.1 Descripción

Árbol de 25 a 40 m de altura y más de 1 m de diámetro, fuste recto y limpio, ramas casi horizontales formando una copa de punta redondeada; de corteza gruesa profundamente fisurada y café grisácea, oscura en los árboles viejos, y café claro y lisa en árboles jóvenes, ramillas delgadas, flexibles, parcialmente ascendentes, con la corteza lisa y café grisácea; bases de las brácteas no decurrentes; hojas en fascículos de 5, ocasionalmente 6, delgadas, de 20-30 cm de longitud, parcialmente colgantes, con margen finamente aserrado, estomas presentes en las superficies ventral y dorsal, canales resiníferos 3, ocasionalmente 4, vainas café claro, de 25 mm de largo, persistentes; conillos subterminales en grupos de 2 a 4, de escamas gruesas y puntiagudas con una pequeña espina al final. Conos duros de 10-14 cm de largo, ovoides o largamente ovoides, asimétricos, generalmente reflejados de color café a café amarillento; pedúnculo muy corto de 5-10 mm, el cual permanece adherido a la ramilla con algunas escamas basales al caer el cono; los conos abren al madurar y a menudo permanecen adherido a la ramilla varios meses después de la dispersión. Escamas del cono gruesas, rígidas, duras, de 12 a 20 mm de ancho, apófisis con proyecciones pronunciadas y desiguales, mayores de 20-22 mm de largo, quilladas transversalmente; umbo largo, erecto y duro, con una espina dura y pequeña. Semilla café oscura, de 7 a 10 mm de largo y aproximadamente 6 mm de ancho, ala articulada de color

café claro, de 20-25 mm de longitud. Madera dura y moderadamente resinosa, con albura color crema a blanco amarillento; duramen café pálido (Perry, 1991).

2.4.2 Ecología

Se distribuye en el centro y sureste del país, entre los paralelos 16° 20' a 19° 58' de latitud norte y 92° 20' a 100° 35' de longitud oeste (Eguiluz, 1978). Es un pino de montañas tropicales que se encuentra en la región sur de México y América Central, crece en los estados de México, Puebla, Guerrero, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, también se encuentra en las montañas de Guatemala, contiguo a Chiapas y Honduras (Mirov, 1961).

Esta especie habita principalmente zonas templadas con veranos calidos, suelos con buen drenaje, precipitaciones variables de 550 a 2000 mm anuales, se desarrolla mejor con una precipitación promedio anual de 1,500 mm. El área de distribución presenta un periodo máximo de lluvias de junio a julio y los meses más secos son noviembre y febrero, la temperatura media anual del área de distribución es de 14.9 °C con máxima de 45 °C y mínima de menos 7 °C Se encuentra en sitios áridos y escarpados, pero crece mucho mejor en suelos profundos, areno-gravosos. En las montañas cerca de Cuajimoloyas, Oax., puede localizarse entre 1,500 y 3,200 msnm, su mejor desarrollo lo presenta de 2,100 a 2,300 msnm. Forma rodales puros y extensos asociándose con *Pinus maximinoi* Moore, *P. rudis* Endl, *P. pseudostrobus* Linl, *P. patula* var. *longipedunculata* Loock, *P. douglasiana* Martínez, *P. nubicola* Perry, *P. tenuifolia* Benth, *P. leiophylla* Benth , *P. montezumae* Gord y en áreas de distribución de mayor altitud con *P. ayacahuite* Ehr, *Abies guatemalensis* y *A. Hickeli* (Perry, 1991; Eguiluz, 1978).

La fenología de esta especie según Ramírez y Nepamuceno (1986), presenta el siguiente patrón:

- a) Floración masculina. Los primordios de las flores masculinas se presentan en la última semana del mes de marzo, en tanto que la formación del polen se presenta durante las dos primeras semanas del mes de abril y la maduración de éste se presenta en las últimas dos semanas del mismo mes culminando esta etapa en las primeras dos semanas del mes de mayo cuando se presenta la dispersión del polen. En la tercera semana del mes de mayo las flores se presentan seniles.
- b) Floración femenina. Se inicia con la emergencia de los primordios en la última semana el mes de marzo, elongándose hasta mediados de abril, en la otra mitad de este mes forma sus brácteas donde posteriormente se da la polinización, dando paso a la formación del conillo juvenil.
- c) Fructificación. El conillo juvenil se forma en mayo y se mantiene en ese estatus hasta febrero, su elongación se presenta de marzo a julio, mientras que la etapa de maduración se inicia en agosto hasta la tercera semana de octubre, produciéndose la dispersión de la semilla en un periodo que comprende, de la cuarta semana de octubre hasta la primera de diciembre.
- d) Crecimiento vegetativo. La latencia de las yemas se mantiene la segunda semana de octubre hasta la primera semana de febrero; la elongación de las ramillas se presenta durante las primeras tres semanas del mes de marzo, presentando un crecimiento de las hojas desde la última semana de marzo hasta la primera de septiembre; el fin del crecimiento se presenta a mediados de septiembre; posteriormente se presenta el inicio de la latencia, la cual principia en la última semana de septiembre y la primera de octubre.

2.4.3 Importancia

Su importancia radica en la buena calidad de su madera. En Oaxaca ésta se usa para chapa y triplay, en el centro del país se usa para celulosa y papel, utilizándose principalmente como madera aserrada, durmientes y tableros de

aglomerados. También se usa en la construcción, cajas de empaque, vigas y otros usos domésticos locales. Produce poca resina, se recomienda para plantaciones comerciales para recuperación de suelos erosionados, también como ornamental en parques y campos abiertos (Eguiluz, 1978).

2.4.4 Estudios realizados en *Pinus oaxacana*

Bermejo y Patiño (1981) analizaron características morfológicas de hojas y conos de siete poblaciones naturales de *Pinus oaxacana* y dos poblaciones de *P. pseudostrobus* del estado de Chiapas, a fin de determinar la variabilidad existente entre todas y cada una de ellas. Se encontró mayor variabilidad entre árboles, que entre localidades. Las características que presentaron mayor y menor variabilidad fueron longitud de vaina del fascículo y número de hojas por fascículo, respectivamente. Para *P. oaxacana* se encontró que la característica longitud de hoja, presenta presumiblemente un patrón de variación clinal ya que se presenta correlación con la altura sobre el nivel del mar. La única variable que se mantuvo fija fue el número de canales resiníferos.

Ramírez y Nepamuceno (1986) realizaron un estudio sobre la fenología de *Pinus montezumae*, *P. ayacahuite* y *P. oaxacana*, de la región de los Altos de Chiapas. Se determinó la dinámica fenológica para los eventos de floración femenina y masculina, fructificación y crecimiento vegetativo, dividiéndose en 16 estadios, cuatro para cada uno de los eventos. Las especies presentaron diferencias en tiempos de expresión de sus caracteres fenológicos, especialmente en la floración, lo cual puede ser una estrategia de las especies para mantener una adecuada polinización cruzada. Así mismo, prevalece una enorme variabilidad entre los árboles de una misma especie conforme avanza la época, al nivel de estadio fenológico, *P. oaxacana* presentó una diferencia alta con respecto a las otras dos especies en el inicio y conclusión de sus eventos fenológicos de floración y polinización, considerados como los más

importantes. De esta manera se deduce que la especie interpone una barrera fenológica evitando la hibridación.

Mas *et al.* (1995) reportaron un ensayo de especies y procedencias de árboles en el campo experimental Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Mich. El ensayo está formado de 22 especies y 51 procedencias del *Eucalyptus* y de 53 especies y 66 procedencias de coníferas, establecidas durante los años 1970 a 1973. *Pinus oaxacana*, de la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax., posee una parcela con 25 individuos; en una medición realizada en 1977, a 107 meses de edad, arrojó resultados de un 84% de sobrevivencia, con un incremento medio anual en diámetro de 1.3 cm y un incremento medio anual en altura de 0.94 cm situándose entre las tres mejores procedencias que obtuvieron mejores crecimientos. Una posterior medición de 1980 a 1981 indicó una supervivencia del 57%, diámetro a la altura del pecho (DAP) de 8.6 cm con un incremento medio anual de 0.8 cm y un incremento medio anual en altura de 0.55 m y altura total de 5.12 m y un incremento medio anual en volumen de 0.00429 m³; lo anterior la hace ser una de las 15 especies más sobresalientes del ensayo establecido en el Campo Experimental de Cupatitzio, Uruapan, Mich.

En un estudio realizado por Ruíz (1996), en el cual se analizan las reforestaciones efectuadas en la Mixteca Oax., se encontró que *Pinus oaxacana* sobresale como la mejor especie utilizada para la protección de suelos degradados, por su alta sobrevivencia (mayor del 90%) y cobertura promedio de copa y por su crecimiento e incremento anuales en altura y diámetro, además por su abundante aportación de materia orgánica al suelo, buena producción de conos y presencia de regeneración natural.

Menchaca y Maruri (1999) realizaron un estudio de variación natural de *P. oaxacana* en dos sitios del Cofre de Perote, Ver., donde utilizaron una muestra de 247 y 293 conos para las localidades de Los Húmeros y Los Molinos, respectivamente. Se encontró que entre sitios, la variable diámetro de

conos mostró diferencias altamente significativas, el sitio de Los Molinos presentó un promedio superior y mayor variación en tanto que el sitio Los Húmeros mostró promedios inferiores. Para la variable longitud de conos, los resultados fueron muy similares entre sitios. De la variación encontrada en el tamaño de los conos de *Pinus oaxacana*, se infiere que existe variación en otras características por lo que es una especie promisoría para incluirla en programas de mejoramiento genético forestal.

Las evaluaciones de especies arbóreas nativas e introducidas, en la Mixteca Alta, han mostrado que *P. oaxacana* (especie nativa) y *P. greggii* (especie introducida) sobresalen por sus características de adaptación y rápido crecimiento en suelos perturbados y erosionados. Algunas reforestaciones de 10 años de edad, efectuadas con procedencias desconocidas de *P. oaxacana* mostraron supervivencia de 93%, cobertura de copa de 4.3 m², incremento medio anual (IMA) en altura de 0.49 m y el IMA en diámetro de 0.86 cm. Por otro lado, estas mismas características en las especies *P. cembroides*, *P. halepensis* Mill y *Cupressus lindleyi* fueron inferiores (Ruíz, 1994).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de trabajo

El área de trabajo se localiza en el estado de Oaxaca en la región denominada “Mixteca”, la cual se divide en “Mixteca Baja” y “Mixteca Alta”, esta subdivisión se debe a las elevaciones en que se encuentran, la “Mixteca Baja” presenta elevaciones de 800 a 1500 msnm y la “Mixteca Alta” se sitúa en altitudes de 1600 a 3380 msnm.

La Mixteca Alta tiene una superficie de 924 mil ha y se localiza en la parte noroeste del Estado de Oaxaca, entre los paralelos 16° 36' y 18° 42' de latitud norte y los Meridianos 97° 00' y 98° 30' de longitud oeste (INEGI, 1990). Se encuentra formada por 101 municipios distribuidos en los distritos políticos de Coixtlahuaca, Nochixtlán, Teposcolula y Tlaxiaco. Colinda al este con los distritos de Teotitlán del Camino, Cuicatlán y Etlá; al norte con el estado de Puebla, al sur con los distritos de Putla, Sola de Vega y Zaachila y al oeste con la región Mixteca Baja (Ruíz *et al.*, 1995).

Según Bravo (1990) en la región Mixteca Alta Oaxaqueña el 32% de la superficie presenta suelos de tipo regosoles, los cuales son prácticamente sin desarrollo, son de colores claros parecidos a la roca madre y presentan susceptibilidad media a la erosión, se encuentra asociado con los litosoles. El resto lo componen las siguientes unidades de suelo:

- a) Los vertisoles, luvisoles y fluvisoles cubren el 29% de la superficie, éstos son profundos, susceptibles a erosión moderada, y las rendzinas, las cuales son de suelos someros.
- b) Litosoles, éstos presentan también desarrollo escaso, su profundidad rara vez es mayor de 10 cm, les subyace la roca madre y su

susceptibilidad a la erosión es de moderada a severa. Se presentan en 24 % de la superficie.

- c) Cambisoles, éstos son suelos jóvenes, escasamente desarrollados, los cuales acumulan arcilla y calcio en cantidades abundantes, su profundidad varía de 10 a 30 cm, de susceptibilidad moderada a alta a la erosión, cubren el 9% de la superficie.
- d) Feozem, éstos se localizan en el fondo de los pequeños valles presentes en algunos municipios del distrito de Nochixtlán, presentan una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes; son profundos, formados por acarreo y depositación, de susceptibilidad moderada a la erosión, corresponden al 4% de la superficie.
- e) Castañozem, se caracterizan por una capa superficial de color pardo rica en materia orgánica, de susceptibilidad moderada a la erosión. Son típicos de condiciones semiáridas o semisecas, se encuentra cubriendo 2% de la superficie.

3.1.1 Descripción de los sitios experimentales

Los ensayos de procedencias de *Pinus oaxacana* se establecieron en dos localidades de la Mixteca Alta Oaxaqueña, uno en Magdalena Zahuatlán distrito de Nochixtlán y otro en Tlacotepec Plumas distrito de Coixtlahuaca (Figura 1). Ambas localidades se localizan en las cuencas altas de los ríos de la región de la Mixteca, esta región presenta características propias de las zonas interiores del centro y sur del país que se encuentran menos expuestas a la acción de los vientos húmedos del mar como sucede en algunas porciones de la parte sur de la Altiplanicie y en regiones de la parte más baja de la cuenca del Balsas (García, 1989).

El ensayo establecido en Tlacotepec Plumas, se localiza a los 17° 52' 00" de latitud norte y a los 97° 26' 18" de longitud oeste, a una altitud de 2120 msnm (CETENAL, 1977a). De acuerdo con la estación climatológica No. 20-122

de Tepelmeme de Morelos, Oax., la cual se encuentra a los 17° 51' de latitud norte y a los 97° 21' de longitud oeste, ocurre una temperatura media anual de 15 °C y una precipitación promedio de 519 mm anuales, y el clima de acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificada por García, pertenece al grupo climático semiseco estepario cuya fórmula es BS1kw(w)(i) gw", el cual se caracteriza por un régimen de lluvias que se presenta en verano con un porcentaje de lluvia invernal menor del 5% (por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que, en el mes más seco) con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 5 y 7 °C; el mes más caliente se presenta antes de junio. La temporada máxima de lluvias es separada por dos estaciones secas, una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa (García, 1988). De acuerdo a las cartas de efectos climáticos escala 1:250,000 en esta localidad se presentan de 60 a 89 días con lluvias, manteniendo la humedad del suelo durante siete meses (INEGI, 1984a).

El ensayo establecido en Magdalena Zahuatlán se localiza a los 17° 24' 11" de latitud norte y a los 97° 12' 35" de longitud oeste, a una altitud de 2160 msnm (CETENAL, 1977b). De acuerdo con la estación climática No. 20-058 de Nochixtlán, Oax., que se encuentra a los 17° 28' de latitud norte y a los 97° 13' de longitud oeste, a una altitud de 2111 msnm, se presenta una temperatura media anual de 16.9 °C y una precipitación promedio de 420.8 mm anuales, y el clima de acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificada por García, cuya fórmula es BS1kw(w) igw", corresponde a un clima similar a la localidad Tlacotepec, ya que presenta el grupo climático templado semiseco estepario BS, el cual es un clima seco en la que la evaporación excede a la precipitación, por lo que ésta no es suficiente para alimentar las corrientes de agua permanentes. Sólo se distingue de Tlacotepec Plumas por ser isotermal, es decir, poseer una diferencia de temperatura medias mensuales menor de 5°C (García, 1988). De acuerdo a las cartas de efectos climáticos escala

1:250,000 en esta localidad se presenta de 30 a 59 días con lluvias, manteniendo la humedad del suelo durante 6 meses (INEGI, 1984a).

Según Gómez (comunicación personal, 2001) ambos sitios poseen suelos regosoles los cuales se caracterizan por ser suelos prácticamente sin desarrollo, por lo que no presentan diferenciación de capas, son de colores claros, parecidos a la roca madre y presentan susceptibilidad media a la erosión, su profundidad máxima es de 10 cm, estos suelos presentan una amplia variación a través de la superficie. En el Centro de Diagnóstico Ambiental del Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca (ITAO), se realizó el análisis químico de suelos de las dos localidades en que se encuentran los ensayos, los resultados muestran bajos niveles de nutrientes y pH altos, sin embargo la localidad Tlacotepec presenta mejores condiciones que la localidad Magdalena (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales características edafológicas de dos localidades donde se establecieron los ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana*.

Propiedad	Tlacotepec Plumas	consideración	Magdalena Zahuatlán	Consideración
pH	7.92	Moderadamente alcalino	8.17	Moderadamente alcalino
m.o.	3.116	rico	2.181	Medio
P (ppm)	15.800	Adecuado para pastos soya cereales y maíz	12.200	Adecuado para pastos soya cereales y maíz
K (meq/100g)	0.686	Media	0.214	Baja
N (Meq/100g)	0.626	Media	0.494	media
Ca (Meq/100g)	27.392	Alta	24.629	Alta
Mg (meq/100g)	1.490	Media	1.679	Media
CIC (meq/100g)	30.480	Alta	27.302	Alta
PSB	99.06	Muy alta	98.95	Muy alta
% NT	0.195	Rico	0.130	Medianamente rico

pH= Logaritmo inverso del ión hidrógeno, m.o.= Materia orgánica, P (ppm)= Valores de fósforo, aprovechable, K= potasio, N= Nitrógeno, Ca= Calcio, Mg= Magnesio, CCI= capacidad de intercambio cationico, PSB= Porcentaje de saturación de bases, %NT= Porcentaje de nitrógeno total.

3.2 Material experimental

Se utilizaron ocho procedencias de *Pinus oaxacana*; una de Chiapas y siete de Oaxaca de las cuales dos son de plantaciones de procedencias desconocidas, éstas plantaciones se encuentran en áreas cercanas a donde se establecieron los ensayos. La semilla se obtuvo a partir de colectas hechas por personal del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del INIFAP; de donaciones del Campo Experimental Rancho Nuevo, Chis. INIFAP; del Centro de Educación y Capacitación Forestal No. 2 “Gral. Lázaro Cárdenas del Río” de Sta. María Atzompa, Oax.; y de Servicios Técnicos Forestales locales. En todos los casos se procuró que la semilla procediera de árboles con registro preciso de la localidad y de la población muestreada. El origen del material va de los 16° 45’ a 17° 51’ de latitud norte y de los 92° 39’ a 97° 26’ de longitud oeste con fluctuaciones en altitud de 2,160 a 2,350 msnm, y temperatura media de 14 a 16 °C (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características ambientales del área distribución natural de *Pinus oaxacana* Mirov, utilizadas en el ensayo establecido en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.

Procedencias	Codificación	Latitud N	Longitud W	Altitud (msnm)	Temp. (° C)	Pp. ² (mm)	pH
Tlacotepec Plumas, Oax. ¹	TPO	17° 51’	97° 26’	2160	16	614	8.8
Yudolahuerta Xacañi, Oax	YXO	17° 29’	97° 23’	2350	14	815	8.7
Sn. Miguel Aloapan, Oax	SMAO	17° 25’	96° 41’	2250	14	1020	6.5
Magdalena Zahuatlán, Oax. ¹	MZO	17° 22’	97° 12’	2150	15	650	8.3
Ixtlan de Juárez, Oax.	IJO	17° 21’	96° 29’	2200	15	1000	5.6
Los Molinos Capulalpan, Oax.	LMCO	17° 19’	96° 27’	2000	16	1100	5.7
Sn. Miguel Peras, Oax.	SMPO	16° 51’	97° 01’	2250	15	1050	6.0
Rancho Nuevo, Chis.	RNC	16° 45’	92° 39’	2170	14	1238	5.5

¹ El material tiene como fuente de semilla a Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, respectivamente; pero se desconoce su procedencia, los datos de latitud, longitud, altitud, temperatura, precipitación y pH, corresponden a los lugares de la fuente de semilla.

²Pp= Precipitación

De acuerdo con la precipitación y el pH del suelo, se pueden formar dos grupos de procedencias, de los cuales uno corresponde a las nativas de la Mixteca Alta Oaxaqueña, dentro de este grupo también se consideran los materiales de procedencias desconocidas (Yudolahuerta Xacañi, Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán, Oax.), las cuales ocupan sitios con la precipitación más baja (614-815 mm anuales) y con valores altos de pH (8.3-8.8). El segundo grupo lo constituyen las procedencias restantes cuya precipitación anual es mayor (1,000-1,238 mm anuales) y en las cuales su pH es más bajo (5.5.-6.5) en comparación con las procedencias del grupo anterior (INIFAP, 1999).

3.2.1 Producción de planta

La producción de planta (material experimental) de las procedencias se realizó de octubre de 1996 a junio de 1997 en el vivero del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca bajo condiciones de vivero, cuidando de los factores ambientales más importantes (agua, temperatura, protección del viento, plagas y enfermedades). Además, se llevó un control estricto en el cuidado e identificación del material experimental.

3.2.2 Plantación

La plantación del ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* se efectuó el 10 junio de 1997 para la localidad Tlacotepec Plumas y el 17 de junio para la localidad Magdalena Zahuatlán. El trazo de la plantación para ambas localidades, se proyectó en disposición de tresbolillo, con distanciamientos de 3 m entre líneas y 3 m entre plantas. Se empleó cepa común de 40 x 40 x 40 cm de ancho, largo y profundidad, respectivamente.

3.3 Diseño experimental.

El diseño que se utilizó en ambas localidades fue el de bloques completos al azar, estableciéndose 12 bloques con 8 procedencias y con 4 plantas por unidad experimental, dando un total de 384 plantas útiles para cada una de las localidades, más 88 plantas usadas como borde. Los bloques se establecieron de manera perpendicular a la pendiente (Figuras 2 y 3).

3.4 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en los ensayos de cada una de las localidades fueron las siguientes: sobrevivencia, altura total, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y número de verticilos.

3.4.1 Registro de datos

En junio de 1997, inmediatamente después de establecida la plantación se registró la altura (cm) y el diámetro a la base (mm); en diciembre de 1999 a 2.5 años de plantación se realizó el último registro de datos, para las mismas variables además se incluyó el diámetro de copa y número de verticilos.

La medición de la altura se hizo con un flexómetro, éste se colocó desde la superficie del suelo hasta la yema apical del brote dominante, procurando que su posición fuera de manera paralela al porte natural del árbol. El diámetro a la base se midió con un “pie de rey” colocando éste en la base del tallo y procurando que su posición fuera paralela a la superficie del suelo.

El número de verticilos se determinó contando desde el primer verticilo que se encontró en la base del árbol hasta el último, al resultado se le adicionaron dos verticilos más, los cuales corresponden a la permanencia de la planta en vivero y los cuales al momento de realizar la plantación quedaron

Figura 2. Croquis del diseño experimental del ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* en la comunidad de Tlacotpec Plumas , Oax.
(Archivo Anexo)

Figura 3. Croquis del diseño experimental del ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* en la comunidad de Magdalena Zahuatlán, Oax.
(Archivo Anexo)

cubiertos por tierra. El diámetro de copa se obtuvo con un flexómetro, para lo cual se realizaron mediciones de norte a sur y de este a oeste atravesando por el centro del tallo principal, el resultado se promedió entre dos, cuando la copa asemejaba una circunferencia sólo se realizó una medición.

La variable sobrevivencia, expresada en porcentaje se estimó con la siguiente fórmula:
$$\text{Sobrevivencia} = \frac{\text{No. de plantas en la última medición}}{\text{No. de plantas establecidas}} (100)$$

3.5 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables, y cuando se encontraron diferencias significativas entre procedencias o entre localidades se procedió a realizar la prueba Tukey de comparación de medias con $\alpha=0.05$, cuando ésta no mostró diferencias entre procedencias, aún cuando el ANVA así lo señalaba, se utilizó otro nivel de significancia hasta marcar las diferencias que en el presente estudio se mostraron con $\alpha=0.10$

Para la variable sobrevivencia los datos se transformaron con la expresión $\arcsen = \sqrt{X/100}$, donde X= Porciento de sobrevivencia (Cochran y Cox, 1965).

El incremento en altura en 2.5 años de la plantación se estimó con la fórmula:
$$\text{Incremento en altura} = \text{altura de 1999} - \text{altura de 1997}$$

El incremento en diámetro basal en 2.5 años de la plantación se estimó con la fórmula:
$$\text{Incremento en diámetro} = \text{diámetro de 1999} - \text{diámetro de 1997}$$

El procesamiento estadístico de datos se desarrolló con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 6.04

3.5.1 Modelos utilizados

Para conocer el crecimiento de las procedencias en cada localidad se realizó un análisis de varianza utilizando el modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + P_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 12 \text{ Bloques}$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, 8 \text{ Procedencias.}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la j -ésima procedencia en el i -ésimo bloque.

μ = Efecto de la media poblacional.

β_i = Efecto del i -ésimo bloque.

P_j = Efecto de la j -ésima procedencia.

ε_{ij} = Efecto del error experimental que corresponde a la j -ésima procedencia y el i -ésimo bloque.

Asimismo, considerando un arreglo de parcelas divididas, en un diseño de bloques al azar de las procedencias dentro de las localidades, se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables a fin de conocer el efecto interacción localidad por procedencia para ello se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + \beta_j + L\beta_{(ij)} + P_k + LP_{(ik)} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1 \text{ y } 2 \text{ Localidades.}$$

$j = 1, 2, 3, \dots, 12$ Bloques.

$k = 1, 2, 3, \dots, 8$ Procedencias.

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la observación de la i -ésima localidad, del j -ésimo bloque en la k -ésima procedencia.

μ = Efecto de la media general.

L_i = Efecto de la i -ésima localidad.

β_j = Efecto de j -ésimo bloque.

$L\beta_{(ij)}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima localidad con la j -ésimo bloque.

P_k = Efecto de la k -ésima procedencia.

$LP_{(ik)}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima localidad con la k -ésima procedencia.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental que corresponde al error de la k -ésima procedencia en el j -ésimo bloque en la i -ésima localidad.

IV RESULTADOS

Los resultados se presentan en tres apartados. El primero, corresponde a la plantación experimental de Tlacotepec Plumas; el segundo, a la plantación experimental de Magdalena Zahuatlán; y el tercero, a las plantaciones de ambas localidades consideradas como un sólo experimento, en éste último apartado se presentan los resultados del efecto principal de localidad por procedencia y el efecto principal de localidad y el efecto principal de procedencias. En todos los casos se presentan las variables en el siguiente orden: sobrevivencia, altura total, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, diámetro de copa y número de verticilos.

4.1 Localidad Tlacotepec Plumas

4.1.1 Sobrevivencia

El promedio de sobrevivencia fue de 97%, con valores entre 92% y 100% por procedencia; el valor menor lo registró la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) y el valor mayor lo registró la procedencia San Miguel Aloapan, Oax (SMAO) y San Miguel Peras, Oax. (SMPO) (Cuadro 4). El análisis de varianza (ANVA) para ésta variable muestra que no hubo diferencias estadísticas entre procedencias ($P=0.2561$) (Apéndice 1).

4.1.2 Crecimiento en altura y diámetro basal.

La altura promedio total fue de 124.20 cm, el valor mayor fue para la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) con 146.91cm y el valor más bajo correspondió a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con

Cuadro 4 . Sobrevivencia a 2.5 años de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* del ensayo establecido en Tlacotepec Plumas, Oax.

Procedencias	Sobrevivencia (%)
TPO	98
YXO	98
SMAO	100
MZO	96
IJO	98
LMCO	96
SMPO	100
RNC	92
Promedio total	97.1

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis.

100.65 cm (Cuadro 4). El ANVA para esta variable mostró diferencias altamente significativas ($P= 0.0002$) (Apéndice 1). Las procedencias Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) presentaron significativamente mayor altura que las fuentes de semilla de Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (Cuadro 5).

El incremento en altura promedio fue de 102.91 cm, el mayor valor lo registró la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) con 123.83 cm y el menor valor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con 84.91 cm (cuadro 5). El ANVA para ésta variable mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.0012$) (Apéndice 1). La procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) presentó el mayor incremento en altura que las fuentes de semillas de Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (Cuadro 5).

El diámetro basal promedio fue de 43.53 mm, el mayor valor lo registró la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) con 48.73 mm y el menor valor

Cuadro 5. Prueba Tukey para cuatro variables de crecimiento e incrementos en altura y diámetro basal a 2.5 años, de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en Tlacotepec Plumas, Oax.

Procedencias	Altura total a 2.5 años (cm)		Incremento en altura a 2.5 años (cm)			Diámetro basal a 2.5 años (mm)		Incremento en diámetro basal a 2.5 años (mm)	
	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.10$)	
TPO	100.65	b	84.91	c	36.91	b	30.64	b	
YXO	127.10	a b	103.64	a b c	48.01	a b	39.61	a b	
SMAO	120.89	a b	97.31	a b c	42.14	a b	34.21	a b	
MZO	107.12	b	89.21	b c	39.51	a b	32.02	a b	
IJO	146.91	a	123.83	a	48.73	a	40.92	a	
LMCO	141.45	a	117.41	a b	47.01	a b	39.31	a b	
SMPO	131.47	a b	108.51	a b c	44.42	a b	36.71	a b	
RNC	118.03	a b	98.66	a b c	41.34	a b	34.17	a b	
Promedio	124.20		102.91		43.53		35.91		

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis. Misma letra, significa medias estadísticamente iguales. N=96

corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con 36.91 mm (Cuadro 5). El ANVA para ésta variable mostró diferencias significativas (P=0.0131) (Apéndice 1). La procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) presentó mayor diámetro basal que a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (Cuadro 5).

El incremento en diámetro basal promedio fue de 35.91 mm, la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) presentó el mayor valor con 40.92 mm y el menor valor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con 30.64 mm (Cuadro 5). El ANVA para esta variable mostró diferencias significativas (P=0.0218) (Apéndice 1). Al igual que el diámetro basal la

procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) fue significativamente diferente a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (Cuadro 5).

4.1.3 Arquitectura de planta

El diámetro de copa promedio fue de 63.48 cm, el mayor valor lo registró la procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) con 73.80 cm y el menor valor corresponde a la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) con 54.91 cm (Cuadro 6). El ANVA para ésta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0094$) (Apéndice 1). La procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) presentó mayor diámetro de copa que la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) y que la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) (Cuadro 6).

Cuadro 6 . Prueba Tukey para dos variables de arquitectura de planta a 2.5 años, de ocho procedencias de *Pinus oaxacana*, en Tlacotepec Plumas, Oax.

Procedencias	Diámetro de copa a 2.5 años (cm)		No. de verticilos a 2.5 años	
	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
TPO	62.31	a b	6.68	a b
YXO	73.80	a	6.74	a b
SMAO	59.51	a b	7.04	a
MZO	54.91	b	6.22	b
IJO	67.58	a b	6.91	a b
LMCO	66.94	a b	6.81	a b
SMPO	65.41	a b	6.85	a b
RNC	57.08	b	6.77	a b
Promedio	63.48		6.74	

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis. Misma letra, significa medias estadísticamente iguales. Con N=96

El número de verticilos promedio fue de 6.74, el valor mayor lo registró la procedencia San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) con 7.04 y el valor menor corresponde a la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) con 6.22 (Cuadro 6). El ANVA para esta variable mostró diferencias significativas ($P=0.0422$) (Apéndice 1). La procedencia San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) presentó mayor número de verticilos a la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (Cuadro 6).

4.2 Localidad Magdalena Zahuatlán

4.2.1 sobrevivencia

El promedio de sobrevivencia fue de 98%, con valores entre 95% y 100% por procedencia el valor menor lo registró la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) y el valor mayor lo registró la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y las procedencias San Miguel Aloapan, Oax (SMAO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) (Cuadro 7). El ANVA señala que no hubo diferencias entre procedencias ($P=0.6988$) (Apéndice 2).

Cuadro 7. Sobrevivencia a 2.5 años de ocho procedencias en Magdalena Zahuatlán, Oax.

Procedencias	Sobrevivencia (%)
TPO	100
YXO	96
SMAO	100
MZO	98
IJO	98
LMCO	100
SMPO	98
RNC	95
Promedio total	98.1

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis.

4.2.2 Crecimiento en altura y diámetro basal

La altura promedio total fue de 109.10 cm, la altura mayor la registró la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) con valor de 118.91 cm y la altura menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con valor de 95.52 cm (Cuadro 8). El ANVA para esta variable mostró diferencias significativas ($P=0.0334$) (Apéndice 2). La procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) presentó mayor altura que la fuente de semillas Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (Cuadro 8).

El incremento en altura promedio fue de 85.91 cm, el valor mayor lo registró la procedencia de Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) con 93.81 cm y el valor menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con 79.75cm (Cuadro 8). El ANVA para ésta variable no mostró diferencias significativas ($P=0.4153$) (Apéndice 2).

El diámetro basal promedio fue de 37.15 mm, el valor mayor lo registró la procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) con 39.61 mm y el valor menor corresponde a la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) con 33.65 mm (Cuadro 8). El ANVA para ésta variable no mostró diferencias estadísticas significativas ($P=0.2171$) (Apéndice 2).

El incremento en diámetro basal promedio fue de 29.60 mm, el valor mayor lo registró la procedencia de Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) con 31.65 mm y el valor menor corresponde a la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) con 26.51 mm (Cuadro 8). El ANVA para esta variable no mostró diferencias estadísticas significativas ($P=0.4180$) (Apéndice 2).

4.2.3 Arquitectura de la planta

El diámetro de copa promedio fue de 60.02 cm, el valor mayor lo registró la procedencia San Miguel Aloapan Oax. (SMAO) con 66.92 cm y el valor menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con

49.71 cm (Cuadro 9). El ANVA para ésta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 2). Las procedencias Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO); San Miguel Aloapan Oax. (SMAO), Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO)

Cuadro 8. Prueba Tukey para cuatro variables de crecimiento e incremento en altura y diámetro basal a 2.5 años de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en Magdalena Zahuatlá, Oax.

Procedencias	Altura total a 2.5 años (cm)		Incremento en altura a 2.5 años (cm)		Diámetro basal a 2.5 años (mm)		Incremento en diámetro basal a 2.5 años (mm)	
	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.10$)	\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}	
TPO	95.52	b	79.75		35.06		28.51	
YXO	110.71	a b	83.35		39.61		31.21	
SMAO	113.81	a b	88.00		39.32		31.05	
MZO	103.81	a b	84.62		36.51		29.47	
IJO	118.91	a	92.72		37.70		29.68	
LMCO	117.27	a b	93.81		38.90		31.65	
SMPO	112.21	a b	85.45		36.21		28.51	
RNC	100.25	a b	79.96		33.65		26.51	
Promedio	109.10		85.91		37.15		29.60	

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis. Misma letra, significa medias estadísticamente iguales. N= 96. Cuando no se presentan letras es porque el ANVA señaló que no había diferencias estadísticas entre procedencias.

y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) presentaron significativamente mayor diámetro de copa que las fuentes de semillas Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (Cuadro 9).

El número de verticilos promedio fue de 6.29, el valor mayor lo registró la procedencia de San Miguel Peras, Oax. (SMPO) con 6.65 y el valor menor corresponde a la procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) con 5.91 (Cuadro 9). El ANVA para ésta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0016$) (Apéndice 2). La procedencia San Miguel Peras, Oax. (SMPO) presentó mayor número de verticilos que las procedencias

Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Prueba Tukey para dos variables de arquitectura de la planta a 2.5 años, de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en Magdalena Zahuatlán, Oax.

Procedencias	Diámetro de copa a 2.5 años (cm)		No. de verticilos a 2.5 años			
	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha= 0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha= 0.05$)		
TPO	49.71	b	6.04	a	b	c
YXO	64.70	a	5.91			c
SMAO	66.92	a	6.35	a	b	c
MZO	51.70	b	5.97		b	c
IJO	65.18	a	6.30	a	b	c
LMCO	65.81	a	6.52	a	b	c
SMPO	60.39	a	6.65	a		
RNC	55.60	a	6.25	a	b	
Promedio	60.02		6.29			

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulápan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis. Misma letra, significa medias estadísticamente. N=96

4.3 Efectos de localidad por procedencia

Los ANVA para todas las variables en estudio de *Pinus oaxacana* no mostraron efecto de interacción localidad por procedencia (Apéndice 3), debido a lo anterior se presentan los resultados del efecto principal de localidad y el efecto principal de procedencias.

4.3.1 Efecto principal de localidad

La sobrevivencia total fue de 97.6% con valores a nivel localidad de 97.1 y 98.1% para Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán respectivamente (Cuadro 10). El ANVA para esta variable señala que no hubo diferencias entre localidades ($P=0.4265$) (Apéndice 3).

La altura promedio total fue de 116.61 cm, la altura mayor la registró la localidad Tlacotepec Plumas con valor de 124.20 cm y la altura menor corresponde a la localidad Magdalena Zahuatlán con valor de 109.10 cm (Cuadro 10). El análisis de varianza (ANVA) para esta variable mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 3).

El incremento en altura promedio fue de 194.44 cm el valor mayor lo registró la localidad Tlacotepec Plumas con 102.91 cm, y el valor menor corresponde a la localidad Magdalena Zahuatlán con 85.91cm. (Cuadro 10). El ANVA para esta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 3).

El diámetro basal promedio fue de 40.31 mm, el valor mayor lo registró la localidad Tlacotepec Plumas con 43.53 mm y el valor menor corresponde a la localidad Magdalena Zahuatlán con valor de 37.15 mm (Cuadro 10). El ANVA para ésta variables mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 3).

El incremento en diámetro basal promedio fue de 32.78 mm, el mayor valor lo registró la localidad Tlacotepec Plumas con 35.91 mm y el menor valor corresponde a la localidad Magdalena Zahuatlán con 29.60 mm (Cuadro 10). El ANVA para ésta variables mostró diferencias significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 2).

El diámetro de copa promedio fue de 61.74 cm el valor mayor lo registro la localidad Tlacotepec con 63.48 cm y el valor menor corresponde a la

localidad Magdalena Zahuatlán con 60.02 cm (Cuadro 10). El ANVA para esta variable no señaló diferencias significativas ($P= 0.1590$) (Apéndice 3).

El número de verticilos promedio fue de 6.52, el valor mayor lo registró la localidad Tlacotepec Plumas con 6.74 y el valor menor corresponde a la Cuadro 10. Promedio de siete variables evaluadas a 2.5 años, de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.

Variable	Localidad	valor	Agrupación Tukey ($\alpha= 0.5$)
Sobrevivencia (%)	Tlacotepec	97.1	
	Magdalena	98.1	
	Promedio de localidades	97.6	
Altura total (cm)	Tlacotepec	124.20	a
	Magdalena	109.10	b
	Promedio de localidades	116.61	
Incremento en altura (cm)	Tlacotepec	102.91	a
	Magdalena	85.91	b
	Promedio de localidades	94.44	
Diámetro basal (mm)	Tlacotepec	43.53	a
	Magdalena	37.15	b
	Promedio de localidades	40.31	
Incremento en diámetro basal (mm)	Tlacotepec	35.91	a
	Magdalena	29.60	b
	Promedio de localidades	32.78	
Diámetro de copa (cm)	Tlacotepec	63.48	
	Magdalena	60.02	
	Promedio de localidades	61.74	
Número de verticilos	Tlacotepec	6.74	a
	Magdalena	6.29	b
	Promedio de localidades	6.52	

Cuando no se presentan letras es porque el ANVA señaló que no había diferencias estadísticas entre procedencias. N= 8

a la localidad Magdalena Zahuatlán con 6.29 (Cuadro 10). El ANVA para esta variable señaló diferencias altamente significativas ($P=0.0023$) (Apéndice 3).

Para todas las variables que presentaron diferencias estadísticas a nivel de localidad, Tlacotepec Plumas posee valores superiores a los de la localidad Magdalena Zahuatlán (Cuadro 10).

4.3.2 Efecto principal de procedencias

El promedio de sobrevivencia fue de 97.6%, con un valor mínimo de 93.5% para la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) y un valor máximo de 100% para la procedencia San Miguel Aloapan, Oax (SMAO) (Cuadro 11). El ANVA para esta variable señala que no hubo diferencias entre procedencias ($P=0.1552$) (Apéndice 3).

Cuadro 11. Sobrevivencia a 2.5 años de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* del ensayo establecido en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.

Procedencias	Sobrevivencia (%)
TPO	99
YXO	97
SMAO	100
MZO	97
IJO	98
LMCO	98
SMPO	99
RNC	93.5
Promedio total	97.6

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis.

La altura promedio fue de 116.61 cm, la altura mayor la registró la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) con valor de 132.93 cm y la altura menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con

valor de 98.08 cm (Cuadro 11). El ANVA para ésta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 2). Las procedencias Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) presentaron mayores alturas que las fuentes de semillas Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) y que la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) (Cuadro 11).

El incremento en altura promedio fue de 94.44 cm, el valor mayor lo registró la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) con valor de 108.2 cm y el incremento menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con valor de 82.37 cm (Cuadro 12). El ANVA para esta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0002$) (Apéndice 3). La procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) presentó significativamente mayores incrementos en altura que las fuentes de semillas de Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) y que la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba Tukey para cuatro variables de crecimiento e incremento en altura y diámetro basal a 2.5 años de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.

Procedencias	Altura total a 2.5 años (cm)		Incremento en altura a 2.5 años (cm)		Diámetro basal a 2.5 años (mm)		Incremento en diámetro basal a 2.5 años (mm)	
	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.10$)
TPO	98.08	c	82.37	c	36.02	b	29.60	b
YXO	118.94	a b	93.50	a b c	43.84	a	35.46	a
SMAO	117.31	a b c	92.69	a b c	40.73	a b	32.67	a b
MZO	105.41	b c	86.9	c	38.01	a b	30.75	a b
IJO	132.93	a	108.2	a	43.22	a	35.30	a b
LMCO	129.36	a	105.6	a b	42.91	a	35.48	a
SMPO	121.81	a b	96.91	a b c	40.35	a b	32.68	a b
RNC	109.1	b c	89.31	b c	37.41	a b	30.34	a b

Promedio	116.61	94.44	40.31	32.78
----------	--------	-------	-------	-------

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis. Misma letra, significa medias estadísticamente iguales. N=96

El diámetro basal promedio fue de 40.31 mm, el valor mayor lo registró la procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) con 43.84 mm y el valor menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con 36.02 mm (Cuadro 12). El ANVA para ésta variable mostró diferencias significativas ($P=0.0017$) (Apéndice 3). Las procedencias Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO), Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) presentaron valores mayores en la variable diámetro basal que la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (Cuadro 12).

El incremento en diámetro basal promedio fue de 32.78 mm, el valor mayor lo registró la procedencia Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) con 35.48 mm y el valor menor correspondió a la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) con 29.60 mm (Cuadro 12). El ANVA para ésta variable mostró diferencias significativas ($P=0.0103$) (Apéndice 3). Las procedencias Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) presentaron mayores incrementos en diámetro que la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (Cuadro 12).

El diámetro de copa promedio fue de 61.74 cm, el valor mayor lo registro la procedencia Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) con valor de 66.40 cm y el valor menor corresponde a la fuente de semilla Tlacotepec, Plumas Oax. (TPO) con 56.08 cm (Cuadro 13). El ANVA para ésta variable mostró diferencias altamente significativas ($P= 0.0001$) (Apéndice 3). Las procedencias Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) presentaron diámetros de copa superiores que la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) y que la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) (Cuadro 13).

El número de verticilos promedio fue de 6.52, el valor mayor lo registro la procedencia San Miguel Peras, Oax. (SMPO) con 6.76 y el valor menor corresponde a la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) con 6.10 (Cuadro 13). El ANVA para ésta variable mostró diferencias altamente significativas ($P=0.0001$) (Apéndice 3). Las procedencias San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO), Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) San Miguel Peras, Oax. (SMPO) y Rancho Nuevo, Chis. (RNC) presentaron valores mayores en la variable número de verticilos que a fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba Tukey para dos variables de la arquitectura de la planta a 2.5 años de ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en dos localidades de la Mixteca Alta, Oax.

procedencias	Promedio de dos localidades				
	Diámetro de copa a 2.5 años (cm)			No. de verticilos a 2.5 años	
	\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)		\bar{X}	Agrupación Tukey ($\alpha=0.05$)
TPO	56.08	b		6.36	a b
YXO	69.25	a		6.33	a b
SMAO	63.25	a	b	6.70	a
MZO	53.34	b		6.10	b
IJO	66.38	a		6.50	a b
LMCO	66.40	a		6.71	a
SMPO	62.93	a	b	6.76	a
RNC	56.34	b		6.70	a
Promedio	61.74			6.52	

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., LMCO= Los Molinos, Capulalpan, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax., RNC= Rancho Nuevo Chis.
 Misma letra, significa medias estadísticamente iguales. N=96

V DISCUSIÓN

5.1 Localidad Tlacotepec Plumas

5.1.1 Supervivencia

El porcentaje promedio de supervivencia es alto, lo cual significa que esta especie posee buena adaptación al tipo de clima y suelo prevalecientes en el sitio de estudio, cabe señalar que este sitio se encuentran dentro del área de distribución natural de *Pinus oaxacana*; pero por el proceso de erosión tan agudo que ha sufrido, las condiciones edáficas y climáticas no son las óptimas para el desarrollo normal de la especie. De manera similar, en un ensayo de especies y procedencias de árboles en el campo experimental Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Mich., realizado por Mas Porras *et al.* (1995) encontraron que *P. oaxacana* presentó un 84% de supervivencia situándose dentro de las mejores. También Ruíz (1996) obtuvo resultados parecidos al realizar un estudio de las reforestaciones efectuadas en la Mixteca, Oax., y encontró que *Pinus oaxacana* sobresale como la mejor especie utilizada para la protección de suelos degradados, por su alta supervivencia la cual fue de 90%. Es importante señalar que el porcentaje de supervivencia en el presente estudio es superior a estos resultados, sobre todo si se consideran las condiciones limitantes del

ambiente en las dos localidades donde se establecieron los ensayos, por ello *Pinus oaxacana* se recomienda para plantaciones que tengan como objetivo la recuperación de suelos erosionados (Eguiluz,1978).

5.1.2 Crecimiento en altura y diámetro basal

En las variables altura, incremento en altura, diámetro basal e incremento en diámetro basal, la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) presentó crecimientos superiores, posiblemente esto se deba a que los genotipos de esta procedencia son superiores probablemente por haber evolucionado en un ambiente donde las condiciones climáticas y edafológicas son óptimas para su desarrollo (INIFAP, 1999).

Es importante señalar que la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO), se ubica en la Sierra Norte de Oaxaca, lugar donde las poblaciones de *Pinus oaxacana* presentan una amplia distribución por lo cual seguramente posee una base genética amplia, lo cual según Hocker (1984) se podría traducir en individuos con mayor vigor. En una evaluación del ensayo de especies y procedencias en el campo experimental Barranca de Cupatitzio, Uruapan, Mich., Mas *et al.* (1995) encontraron que la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. de *Pinus oaxacana*, con 107 meses de edad, mostró resultados superiores para las características, incremento medio anual en diámetro e incremento medio anual en altura, lo cual sitúa a esta procedencia entre las tres mejores .

En la variable altura la procedencia de Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) también se sitúa como una de las mejores, lo cual probablemente se deba a que también se encuentran en la Región Sierra Norte de Oaxaca (INIFAP 1999).

Para las variables altura, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, la fuente de semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (ésta para las variables altura e incremento en altura) mostraron los menores valores. En estos casos no se puede determinar con exactitud y poco se puede decir al respecto ya que son materiales de procedencias desconocida, es decir, son de plantaciones que realizó el COPLAMAR en los en la década de 1980 en las localidades antes mencionadas de las cuales no se tiene el registro de las procedencias utilizadas (INIFAP, 1999). Es importante señalar que en la región no se tienen antecedentes de ensayo de procedencias dentro de la especie *Pinus Oaxacana* y considerando lo dicho por Callaham (1964) quien menciona que si no se posee información con respecto a procedencias dentro de una especie para un área determinada, lo más aconsejable es el uso de la semilla local por ser la más adaptada por lo cual quizás los materiales de las localidades Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán se utilizaron en el presente ensayo, considerando que fuesen locales y dado que los rodales de ésta área además de estar fragmentados, están constituídos por individuos mal conformados y plagados, se deduce que el germoplasma de esta región tiene menor calidad dando como resultado individuos con desarrollo limitado. Esto coincide con lo señalado por Callaham (1964) quien menciona que el origen de la semilla local es el más adaptado, pero no necesariamente el más productivo.

Este hecho resalta la importancia de realizar ensayos de procedencias ya que estos estudios determinan las procedencias correctas para un lugar específico principalmente en cuanto a sobrevivencia, adaptabilidad al clima, altitud suelos de tal manera que se obtiene una ganancia genética sustancial (Clausen, 1990). En caso contrario el plantar sin estudios previos trae como consecuencia el desconocimiento de qué procedencias plantar en el caso de que éstas se hayan desarrollado exitosamente o qué procedencia no plantar en el caso de que su desarrollo sea deficiente.

Si se asume que las fuentes de semillas de procedencias desconocidas fuesen de procedencias local y dado que en la región existe una escasa precipitación y por lo tanto, una menor cantidad de agua disponible, el reducido crecimiento, posiblemente, se pueda deber a una estrategia de las procedencias locales a la sequía, ya que al tener menor biomasa, utilizan una menor cantidad de agua; sin embargo, este fenómeno somete a las especies a una tensión de déficit hídrico, es decir, presentan cierta tolerancia a condiciones de sequía, la cual puede ser soportada por mucho tiempo aunque los daños se vayan acumulando sin llegar a la muerte del individuo, la presencia de este patrón se denomina tensión crónica (Clausen, 1990).

5.1.3 Arquitectura de la planta

En la variable diámetro de copa la procedencia Yudolahuerta Xacañi, fue superior a la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, (MZO) y la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC), Esta característica es importante ya que las copas amplias propician mayor disponibilidad de carbohidratos, por lo tanto, los árboles crecen más rápido que los árboles de copa restringida (Daniel *et al.*, 1982). Sin embargo, también se dice que es mejor tener copas estrechas, de tal forma que puedan crecer más árboles en un área determinada (Hocker, 1984). De acuerdo a los objetivos del presente trabajo se puede considerar deseable que se tengan copas amplias que protejan una mayor superficie de suelo de la erosión tanto hídrica como eólica.

En esta variable la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, (MZO) y la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC), registraron los valores más bajos del diámetro de copa, en relación a Yudolahuerta Xacañi, con respecto al primer material poco se puede decir, ya que se trata de semilla de procedencia desconocida. Respecto a la procedencia del estado de Chiapas, el limitado diámetro de copa, probablemente, se deba a que en los sitios donde se establecieron los ensayos llueva sólo 519 mm anuales en tanto que en hábitat

de esta procedencia llueve 1238 mm anuales, lo cual puede ser una causa del bajo desarrollo de la copa del árbol. Ya que según Spurr y Barnes (1980) la escasez de agua causa importantes limitaciones en el crecimiento de las copas y tallos.

Con respecto a el número de verticilos la procedencia San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) fue superior a Magdalena Zahuatlán, (MZO) lo cual probablemente se deba a que esta procedencia posee genotipos con mayor número de verticilos. Es conocido que esta característica es importante desde el punto de vista de protección al suelo de la erosión hídrica y eólica ya que a mayor número de verticilos existe un mayor follaje el cual proporciona una mayor aportación de materia orgánica proporcionando mayor protección. Sin embargo, en plantaciones comerciales la presencia de verticilos es indeseable ya que disminuye el valor de la madera por los nudos que se forman por efecto de los verticilos y ramas (Clausen, 1990). En esta variable el menor valor lo registro la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) a lo cual poco se puede decir, ya que se trata de una fuente de semilla de procedencia desconocida.

Las pérdidas y ganancias para todas la variables estudiadas a 2.5 años, comparando las procedencias de mayor y menor valor respecto a la fuente de semilla de procedencia desconocida y al promedio general del ensayo son significativos (Cuadro 14). Por ejemplo, al seleccionar la procedencia mayor (Ixtlán de Juárez, con 146.91 cm) para la variable altura a 2.5 años en la localidad Tlacotepec Plumas ésta tiene un incremento de 46% con respecto al promedio general de la fuente de semilla de procedencia desconocida (Tlacotepec Plumas con 100.65 cm) y 18% con respecto al promedio general (124.20 cm); mientras que la procedencia con valor menor (Tlacotepec Plumas con 100.65 cm) para la misma variable tiene un decremento de 0% con respecto a la fuente de semilla de procedencia local, puesto que es la misma y con respecto al promedio general (124.20 cm) el decremento es de 20%. las

pérdidas y ganancias son similares con respecto a éstas y otras características de *Pinus oaxacana* que se evaluaron en el presente estudio. De manera similar en un ensayo de procedencias de *Pinus banksiana*, en cinco regiones de los Estados Unidos, a una edad de 20 años, Nienstaedt (1990) comparó la procedencia mayor y menor con el promedio del ensayo y con la procedencia local, en la característica volumen, el autor encontró que la procedencia mejor fue 32.4% mayor que el promedio del ensayo y 7.6% mayor que la procedencia local. En tanto que la procedencia menor estuvo 36.6% por debajo de la media del ensayo y 46.6% por debajo de la procedencia local. Este tipo de comparación permite apreciar el potencial que tienen los materiales para su selección y uso en programas operativos de plantaciones, por medio del mejoramiento genético.

Cuadro 14. Comparación porcentual de la procedencia mayor y menor con respecto a la media de la fuente de semilla de procedencia desconocida y al promedio general del ensayo para cada una de las variables estudiadas de las ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en la localidad Tlacotepec Plumas, Oax.

Variables evaluadas A 2.5 años	Procedencia mayor	Incremento en % respecto a:		Procedencia menor	Decremento en % respecto a:	
		fuelle de semilla de procedencia desconocida	Promedio general		fuelle de semilla de procedencia desconocida	Promedio general
Altura total (cm)	146.91 (IJO)	46	18	100.65 (TPO)	0*	20
Incremento en altura (cm)	123.83 (IJO)	46	20.32	84.91 (TPO)	0*	17.49
Diámetro basal (mm)	48.73 (IJO)	32	11.94	36.91 (TPO)	0*	15.20
Incremento en diámetro basal (mm)	40.92 (IJO)	33.55	14	30.64 (TPO)	0*	14.67
Diámetro de copa (mm)	73.80 (YXO)	18.44	16.25	54.91 (MZO)	11.87	13.50
Número De verticilos	7.04 (SMAO)	5.38	4.45	6.22 (MZO)	6.8	7.71

*la procedencia menor es la misma a la fuente de semilla de procedencia desconocida
TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax.

5.2 Localidad Magdalena Zahuatlán

5.2.1 Supervivencia

El alto porcentaje de supervivencia para todas las procedencias encontrado en la localidad Magdalena Zahuatlán fue similar al obtenido en la localidad Tlacotepec Plumas, lo cual ratifica la buena adaptación de la especie al tipo de clima y suelo prevalecientes en los sitios de estudio, pese a la presencia de suelos pobres altamente erosionados en ambas localidades.

5.2.2 Crecimiento en altura y diámetro basal

En la variable altura total la procedencia Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) haya mostrado mayor valor, probablemente se deba a que esta procedencia posee genotipos superiores con lo cual se confirma lo dicho para los resultados obtenidos en la localidad Tlacotepec Plumas.

El hecho de que las variables, incremento en altura, diámetro basal e incremento en diámetro basal, no presentaron diferencias estadísticas entre procedencias probablemente se deba a que en esta localidad las características climáticas y edafológicas no influyen de manera determinante en la expresión de los genotipos de estas variables, lo anterior no quiere decir que no exista variación entre procedencias ya que los resultados obtenidos en la localidad Tlacotepec Plumas demuestran lo contrario, sino que en la localidad Magdalena simplemente no se manifiestan claramente las diferencias entre procedencias, al menos hasta los 2.5 años en que se evaluó el ensayo.

5.2.3 Arquitectura de la planta

Para las variables diámetro de copa y número de verticilos, se manifestaron diferencias estadísticas entre procedencias, probablemente, se deba a que estas variables son más sensibles a los efectos de las condiciones

climáticas y edáficas presentes en el área, lo cual hace que se exprese la variación en éstas y otras variables tal como el crecimiento en altura en el cual influye el amplio diámetro de copa ya que como lo señala Hocker (1984) las copas amplias son mas efectivas para producir carbohidratos y por lo tanto los árboles crecen mas rápido que los árboles de copa restringida o reducida. Desde el punto de vista de protección al suelo es deseable que estas variables tengan un mayor desarrollo, ya que un diámetro de copa amplio y un mayor número de verticilos se traduce en una copa más densa y por lo tanto, en una mayor área cubierta de suelo en la cual el impacto de las gotas de lluvia es reducido y la fertilidad del suelo se incrementa por el ingreso de biomasa, favoreciendo su restauración, protección y conservación (Ruíz, 1996).

Los mayores valores en la variable diámetro de copa lo presentaron las procedencias Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO), San Miguel Alopán, Oax. (SMAO), Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO), probablemente ésto se deba a que estas procedencias poseen genotipos o genes que condicionan la formación de una copa más grande. Los menores valores para ésta variable lo registraron las fuentes de semillas Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) de procedencias desconocidas, debido probablemente a que estos materiales han perdido vigor debido a las condiciones climáticas y edafológicas a las que han estado sujetas las plantaciones lugar donde se realizaron las colectas o bien reconocer que en procedencias desconocidas poco se puede señalar al respecto.

Con relación al número de verticilos, la procedencia San Miguel Peras, Oax. (SMPO) fue la que presentó los valores superiores lo cual posiblemente se deba a que esta procedencia posee seguramente genes de valor superior para esta variable. Esta característica es importante desde el punto de vista de conservación ya que a mayor número de verticilos existe una mayor aportación de materia orgánica al suelo y mayor protección a éste. Para ésta variable la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) de procedencia

desconocida y la procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) presentaron los valores menores, del primer material poco se puede decir por ser de procedencias desconocida; respecto a la procedencia Yudolahuerta el resultado, probablemente, se deba a que su lugar de origen es la región Mixteca Alta en la cual las condiciones climáticas constituyen una limitante para el desarrollo de esta especie (Ruíz *et al.*, 1995).

Los incrementos y decrementos de la mayor y menor procedencia con respecto a la media general del ensayo y de la fuente de semilla de procedencia desconocida (Cuadro 15), muestra que tanto las pérdidas como las ganancias son considerablemente significativas; por ejemplo, el diámetro de copa y el número de verticilos son características de importancia para los objetivo propuesto del presente estudio. Al elegir la procedencia con mayor valor para diámetro de copa (San Miguel Aloapan, con: 66.92 cm) se tiene un incremento del 25.71% con respecto al material de procedencia desconocida (Tlacotepec Plumas, con: 49.71cm) y 17.17% con respecto a la media general (60.02 cm); mientras que la procedencia menor, en este caso es el material de procedencia desconocida (Tlacotepec Plumas, con 49.741 cm) tiene un decremento del 0% con respecto a el material de procedencia desconocida ya que para el caso es el mismo y 17.17 % con respecto a la media general, para la variable número de verticilos y altura total la situación es similar.

5.3 Efecto de localidad por procedencia

Dado que no se encontró interacción localidad por procedencia se puede especular que en todas las variables el material posee estabilidad genética, como lo menciona Quijada (1980), ya que mientras la interacción se acerque a cero el material ensayado expresará una mayor estabilidad del genotipo a variados ambientes, lo cual desde el punto de vista del mejorador, es confiable para propagación a escala en condiciones normales de plantación, siendo de manera diferente si presenta una gran interacción, ya que se tendrían que elegir materiales (procedencias) específicos para cada área de plantación.

La interpretación de la interacción tiene diferentes significados; por ejemplo, Mariotti (1968) señala que es una respuesta inesperada debido a los actores genotipo-ambiente, así como también se le puede conocer como falta

Cuadro 15. Comparación porcentual de la procedencia mayor y menor con respecto a la media de la fuente de semilla de procedencia desconocida y al promedio general del ensayo para cada una de las variables estudiadas de las ocho procedencias de *Pinus oaxacana* en la localidad Magdalena Zahuatlán, Oax.

Variables evaluadas A 2.5 años	Procedencia mayor	Incremento en % respecto a:		Procedencia menor	Decremento en % respecto a:	
		fuelle de semilla de procedencia desconocida	Promedio general		fuelle de semilla de procedencia desconocida	Promedio general
Altura total (cm)	118.91 (IJO)	14.54	9	95.52 (TPO)	8	12.44
Diámetro de copa (mm)	66.92 (SMAO)	29.43	11.49	49.71 (TPO)	3.84	17.17
Número de verticilos	6.65 (SMPO)	11.39	5.72	5.91 (YXO)	1	6.04

TPO= Tlacotepec Plumas, Oax., YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax., SMAO= San Miguel Aloapan, Oax., IJO= Ixtlán de Juárez, Oax., SMPO= San Miguel Peras, Oax.

de paralelismo en la respuesta. En el caso de interacción localidad por procedencia, significaría que una procedencia tiene una respuesta distinta en cada localidad, lo cual no sucedió en el presente estudio, es decir se presentó una interacción nula lo cual según Quijada (1980) denota que las procedencias poseen un amplio rango de adaptabilidad denominándose plásticas, mientras que aquellas procedencias con una amplia susceptibilidad de variación marcada en crecimientos, con ligeras variaciones de ambiente, se denominan rígidas o estrictas.

Lo anterior, indicaría que las mejores procedencias en una localidad, son también las mejores procedencias en otra localidad. Sin embargo, resulta de

interés observar que en la localidad Tlacotepec hubo diferencias entre procedencias para todas las variables excepto sobrevivencia, y para cada variable se puede señalar una o varias procedencias con mayores valores mientras que en la localidad Magdalena sólo se presentan diferencias entre procedencias para tres variables (altura total, diámetro de copa y número de verticilos), de manera que, estadísticamente, para el resto de las variables no existen diferencias entre procedencias, y por lo tanto, no se puede señalar a una o varias procedencias con valores mayores. De lo anterior, se puede pensar que aún cuando no hubo diferencias estadísticas entre procedencias en la localidad Magdalena, con los niveles de probabilidad considerados ($\alpha = 0.05$), quizás con otro nivel de significancia podrían presentarse diferencias entre procedencias en esta localidad, donde los mayores valores los mostrarán las mismas procedencias que en la localidad Tlacotepec.

Otra forma de interpretar la estabilidad de genotipos o procedencias es que, si bien en la localidad Tlacotepec Plumas hubo una o varias procedencias mejores, en la localidad Magdalena dichas procedencias, por lo menos, no son las de menor valor, ya que no existen diferencias estadísticas entre ellas. Este aspecto es importante, ya que en programas de mejoramiento genético forestal se busca la utilización de material genético (especies, procedencias o familias) que respondan bien a diversos ambientes (Zobel y Talbert, 1988), tal es el caso del presente trabajo. Sin embargo, suele ser frecuente que se presente interacción en diferentes niveles. Así por ejemplo, Valencia *et al.* (1996) al evaluar dos ensayos de progenie donde existen en común trece familias de medios hermanos de *Pinus caribaea* var. *caribaea* evaluadas a dos años de edad en La Sabana Oax., y en Tuxtepec, Oax., encontraron que tres de la familias se desarrollaron de manera diferente en cada localidad, por lo que, se presume presentan una interacción genotipo ambiente.

Existen muchas causas de interacción las cuales, principalmente, suelen relacionarse con factores edáficos, ya que éstos son más sensibles, puesto

que se detectan entre parcelas sobre extensiones relativamente pequeñas (Quijada 1980; Zobel y Talbert, 1988). De manera que se puede pensar que para el presente estudio en ambas localidades (Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán) existen condiciones edáficas similares las cuales no influyen, significativamente, en el desarrollo de las procedencias. Sin embargo, en una evaluación a 2.5 años en un ensayo de trece procedencias de *Pinus greggii* para las mismas localidades donde se realizó el presente estudio (Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán), sí se encontró efecto de interacción localidad por procedencia (Velasco, 2001). Lo anterior, indica que cada especie responde de manera particular al ambiente, de modo tal que si se desea realizar futuras reforestaciones con *Pinus greggii*, se requiere realizar pruebas en tantos sitios como los contemplados a plantar, ya que una procedencia con menor crecimiento para un sitio puede ser de buen crecimiento en otro. *Pinus oaxacana*, se desarrolla de diferente manera que *P. greggii*, ya que las procedencias de *P. oaxacana* se desarrollan de manera similar en los dos sitios de prueba, por lo, que se supone que mantienen sus crecimiento en la región de la Mixteca Alta Oaxaqueña o al menos en estos sitios de prueba a la edad de evaluación ya que estos son representativos de las condiciones climáticas y edáficas prevalecientes en la región antes mencionada.

Es importante conocer las formas en que se manifiesta el efecto de interacción, ya que mediante este conocimiento se pueden identificar líneas de árboles ampliamente adaptados, es decir, que puedan prosperar en diversos ambientes; de otra manera, si se ignora la interacción se pueden generar grandes pérdidas en las plantaciones ya sea por muerte o por crecimientos deficientes (Zobel y Talbert, 1988).

5.3.1 Efecto principal de localidad

El hecho de que la sobrevivencia no haya presentado diferencias entre localidades, probablemente, se deba a que en ambas localidades existe

condiciones similares de clima y suelo las cuales no son determinantes para que esta variable exprese diferencias. Y el que haya presentado altos porcentajes de sobrevivencia en condiciones de baja precipitación y condiciones de suelo pobres en nutrientes, clasifica a *Pinus oaxacana* como una especie con amplia variación genética para adaptarse a condiciones adversas.

Las variables altura, incremento en altura, diámetro basal e incremento en diámetro basal presentaran diferencias altamente significativas entre localidades, lo cual corrobora que esta especie posee un margen amplio de variación. En los resultados la localidad Tlacotepec Plumas presenta los más altos valores probablemente se debe a que en este sitio se presentan mejores condiciones climáticas y edafológicas en comparación con Magdalena Zahuatán lo cual se traduce que en Tlacotepec Plumas existe un ambiente más benigno para la especie. Esto concuerda con lo señalado por Zobel y Talbert (1988) quienes mencionan que en los mejores ambientes es donde se presentan de manera más destacadas las diferencias. La variación observada, probablemente, también se deba a que *Pinus oaxacana* posee una amplia distribución, ya que habita desde la región Sur de México hasta América Central (Mirov, 1961); y como lo señala Callaham (1964) las especies con amplia distribución tienden a ser más variables genéticamente que las de distribución restringida. Así, en este contexto y debido a que las procedencias ensayadas en el presente estudio son de diferentes regiones con condiciones ambientales diversas, probablemente posean genotipos diferentes por haber evolucionado en diversos ambientes. Por lo tanto, es recomendable que para trasladar y controlar el uso de procedencias de cualquier especie nativa es necesario la zonificación de ésta a lo largo y ancho de su área natural de distribución (Nienstaedt, 1990).

La variación presente en *Pinus oaxacana* ha sido también señalada por Menchaca y Maruri (1999) quienes en un estudio de variación en dos sitios del

Cofre de Perote, Ver., donde utilizaron una muestra de 247 y 293 conos para las localidades de Los Húmeros y Los Molinos, respectivamente, los autores encontraron diferencias altamente significativas entre sitios en la variable longitud y diámetro de conos. Por ello, determinaron que de la variación apreciada en las poblaciones de *P. oaxacana* se infiere que pueda existir variación en otras características, por lo que es una especie promisoría para incluirla en programas de mejoramiento genético forestal.

El hecho de que Tlacotepec Plumas mostrara valores superiores en todas las variables evaluadas, excepto diámetro de copa y sobrevivencia, corrobora que esta localidad presenta condiciones climáticas y edafológicas más favorables para la especie, ya que en comparación con la localidad Magdalena Zahuatlán presenta una mayor precipitación, una menor temperatura promedio anual, más días con lluvia, más meses con humedad en el suelo. Así como también características edafológicas mejores tales como, pH menos básico, y mayor cantidad de materia orgánica, de fósforo aprovechable, de potasio, de calcio y mayor porcentaje de nitrógeno total (Cuadro 2). Estos elementos, según Clausen (1990) son necesarios para el desarrollo y crecimiento del árbol; principalmente el agua y los nutrientes pueden resultar en estrés al ser deficientes. El ambiente más favorable que existe en la localidad Tlacotepec Plumas favorece el desarrollo de las procedencias evaluadas. Ya que, según Arteaga (1990) los árboles se desarrollan mejor con ausencia de condiciones adversas que afecten el crecimiento o la sobrevivencia.

Otro aspecto importante en la localidad Tlacotepec Plumas es que alrededor de los sitios en que se encuentran los ensayos, existen reforestaciones de *Pinus oaxacana* realizadas por el COPLAMAR, en las cuales los suelos probablemente posean micorrizas, ya que de acuerdo con Spurr y Barnes (1980) éstas son necesarias para el crecimiento exitoso de las pináceas, particularmente, aquéllas que se encuentran en localidades secas y

pobres en nutrientes, por ello se podría pensar que las micorrizas se propagaron a los sitios de estudio incrementando el crecimiento de las procedencias en esta localidad.

5.3.2 Efectos principales de procedencias

Las procedencias que mostraron estadísticamente los mayores y menores valores a nivel promedio de ambas localidades es principalmente el reflejo de lo que pasa en la localidad Tlacotepec Plumas, ya que la localidad Magdalena Zahuatlán no mostró diferencias significativas para la mayoría de las variables, excepto, altura total, diámetro de copa y número de verticilos. De manera lógica, este resultado probablemente de deba a las mismas razones que se le atribuyeron a las procedencias a nivel localidad, en el caso de Tlacotepec Plumas.

El resultado obtenido para estas variables está sujeto a variaciones en el transcurso del tiempo; Callaham (1964) menciona que puede necesitarse de 50 a 80 años para determinar las mejores procedencias para un sitio determinado, aunque sin duda a los 10 o 20 años aparecerán indicaciones sobre cuales son mejores. Sin embargo, no es necesario esperar muchos años, hasta que se disponga del mejor material, mientras el programa se desarrolla se debe usar la mejor o las mejores procedencias disponibles en cada momento, según lo vayan indicando los resultados preliminares de los ensayos (Pederson *et al.*, 1993).

VI CONCLUSIONES

A 2.5 años de plantado el ensayo se concluye:

1. En la localidad Tlacotepec Plumas, Oax., la sobrevivencia presenta un alto porcentaje e igual para todas las procedencias. En las variables altura total, incremento en altura, diámetro basal, incremento en diámetro basal, la procedencia con mayores valores es Ixtlán de Juárez, Oax (IJO); para diámetro de copa el valor superior lo tiene la procedencia Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO); y para número de verticilos la procedencia que presentó mayor valor fue San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO).
2. En el experimento de la localidad Magdalena Zahuatlán. Oax., la sobrevivencia presenta un alto porcentaje y sin diferencias estadísticas para todas las procedencias. En la variable altura total la procedencia con mayor valor es Ixtlán de Juárez, Oax (IJO); para diámetro de copa los valores superiores los presentaron las procedencias Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO), San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO), Ixtlán de Juárez, Oax (IJO) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO); para número de verticilos la procedencia que presentó los mayores valores es San Miguel Peras, Oax. (SMPO); las demás variables no presentaron diferencias estadísticas.
3. En ambas localidades, las fuentes de semillas Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán de procedencias desconocidas presentaron los menores valores en la mayoría de las variables.

4. *Pinus oaxacana* probablemente posea una alta estabilidad de genotipos por el hecho de no presentar efecto interacción localidad por procedencia para ninguna de las variables evaluadas.
5. En el experimento de la localidad Tlacotepec Plumas, Oax., se presentaron los mayores valores de crecimiento en altura y diámetro así como en el diámetro de copa y número de verticilos en comparación con la localidad Magdalena Zahutlán, Oax.

VII RECOMENDACIONES

1. Continuar realizando evaluaciones en ambas localidades a fin de corroborar o modificar a través del tiempo los resultados obtenidos en el presente estudio.
2. En futuras evaluaciones, estudiar además otras variables por ejemplo densidad de la madera, longitud de traqueidas, vigor de los árboles, incidencia de plagas y enfermedades, y presencia de micorrizas
3. Evaluar en ambos sitios el efecto de la plantación sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y la aportación de materia orgánica a este.
4. Establecer otros ensayos de procedencias de la misma especie en otros sitios de la Mixteca Alta, Oax., a fin de confirmar los resultados obtenidos en el presente estudio o de encontrar poblaciones más adecuadas, desde el punto de vista de adaptabilidad y crecimiento para cada localidad.
5. En las reforestaciones con fines de restauración de suelos degradados se pueden utilizar las procedencias, Yudolahuerta Xacañi, Oax., Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) o Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO), la primera porque presentó valores superiores en la variable diámetro de copa lo cual es deseable para la protección del suelo, las segundas porque a 2.5 años de plantadas mostraron mayor crecimiento en altura total, incremento en altura, diámetro basal e incremento en diámetro basal.

RESUMEN

La erosión del suelo en la Mixteca Alta Oaxaqueña, es un fenómeno que es necesario mitigar. Una alternativa viable para ello es el establecimiento de plantaciones (forestaciones) con especies y procedencias adecuadas, lo que a su vez requiere realizar ensayos previos. Así, se establecieron dos plantaciones experimentales de *Pinus oaxacana* en la Mixteca Alta, Oax., con el propósito de determinar si existen diferencias entre procedencias, en crecimiento en altura total, diámetro basal, diámetro de copa, número de verticilos y sobrevivencia, a 2.5 años de plantación.

Las localidades donde se establecieron los ensayos son Tlacotepec Plumas, Oax. y Magdalena Zahuatlán, Oax., las procedencias de *Pinus oaxacana* en ambas plantaciones son ocho, siete de Oaxaca: Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO), Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO), San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO), Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO), Ixtlán de Juárez, Oax (IJO), Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) y San Miguel Peras, Oax. (SMPO); de éstas Tlacotepec P. y Magdalena Z. son de fuentes de semillas de procedencias desconocidas y una de Chiapas: Rancho Nuevo, Chis. (RNC). El diseño experimental de cada ensayo fue de bloques completos al azar, con 12 bloques, 8 procedencias y 4 plantas por unidad experimental. La plantación se realizó en junio de 1997. En diciembre de 1999 a 2.5 años de plantadas se realizó una evaluación de las variables altura, diámetro basal, diámetro de copa, número de verticilos y sobrevivencia. Con estos datos se realizaron análisis de varianza (ANVA) de cada variable para cada ensayo por separado considerando el diseño de bloques completos al azar, en caso de encontrar diferencias se procedió a realizar la prueba Tukey. Posteriormente se realizó un

ANVA de ambos ensayos, considerando un arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande corresponde al efecto de localidad o área de plantación y la parcela chica al efecto de procedencias, con el propósito de conocer si se presenta efectos de localidad por procedencia y efecto principal de procedencias.

El resultado para la localidad Tlacotepec Plumas la sobrevivencia mostró un alto porcentaje, (97.1%) sin mostrar diferencias, para todas las demás variables en estudio las diferencias son altamente significativas. Para la variable altura total, las procedencias mayores fueron Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (146.91 cm) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) (141.45 cm), con valores menores fueron las fuentes de semillas de procedencia desconocida Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (100.65 cm) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (107.12 cm). Para la variable incremento en altura, la procedencia mayor fue Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (123.83 cm) y las menores fueron; las fuentes de semillas de procedencia desconocida Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (84.91cm) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (89.21 cm). Para la variable diámetro basal e incremento en diámetro basal la procedencia mayor fue Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (48.73 y 40.92 cm). y la menor Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (36.91 y 30.64 cm). Para la variable diámetro de copa, la procedencia mayor fue Yudolahuerta, Xacañi, Oax. (YXO) (73.80 cm) y las menores fueron; la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (54.91 cm) y la procedencia Rancho Nuevo, Chis. (RNC) (57.08 cm) para la variable número de verticilos la procedencia mayor fue San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) (7.04) y la menor fue Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (6.22).

En la localidad Magdalena Zahuatlán la sobrevivencia fue alta (98.1%) sin mostrar diferencias, para las demás variables solo se mostraron diferencias para; altura total, número de verticilos y diámetro de copa. Para la variable altura total, la procedencia mayor fue Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (118.91 cm) y la menor fue la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO)

(103.81cm). Para la variable diámetro de copa las procedencias mayores fueron Yudolahuerta, Xacañi, Oax. (YXO) (64.70cm), San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) (66.92 cm), Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (65.18cm) y Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) (65.81cm) y las menores fueron las fuentes semilla Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (49.71cm) y Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (51.70cm). Para la variable número de verticilos, la procedencia mayor fue San Miguel Peras, Oax. (SMPO) (6.65) y las menores Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) (5.91) y la fuente de semilla Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (5.97).

Para el efecto de localidad por procedencia se presentó una alta estabilidad de procedencias para todas las variables evaluadas de *Pinus oaxacana*, ya que no se presentó interacción alguna, los efectos principales de localidad mostraron diferencias altamente significativas para todas las variables en estudio entre localidades excepto número de verticilos y sobrevivencia, para las variables que presentaron diferencias estadísticas los valores superiores los registró la localidad Tlacotepec Plumas. Los efectos principales de procedencias señalan diferencias estadísticas altamente significativas entre procedencias, excepto la variable sobrevivencia. Las procedencias siguieron un patrón similar a los resultados de la localidad Tlacotepec Plumas, Oax.

SUMMARY

Soil erosion in the region "Mixteca Alta" in the Mexican state of Oaxaca is a phenomenon which calls for mitigation. A viable alternative would be the establishment of plantations (reafforestations) of adequate species of appropriate origin which again requires the establishment of preliminary trials. Two experimental plantations of *Pinus oaxacana* were established in this region aimed to determine if regarding their place of origin, there are differences in growth, total height, diameter at the root collar, diameter of the crown, number of whorls and percento of survival 2,5 years after planting.

The trials were established at Tlacotepec Plumas and Magdalena Zahuatlán, both in the state of Oaxaca. There were *Pinus oaxacana* of eight different provenances in both plantations, seven from the state of Oaxaca: Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO), Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO), San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO), Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO), Ixtlán de Juárez, Oax (IJO), Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) and San Miguel Peras, Oax. (SMPO). and one from the state of Chiapas: Rancho Nuevo, Chis. (RNC). The experimental design in each site consisted in complete randomned blocks, with 12 blocks, 8 seed zones and 4 plants per experimental unit. The plantation was established in June 1997. In December 1999, 2.5 years after having established the plantation, an evaluation of height, diameter at root collar, diameter of the crown, number of branch whorls and survival, was carried out. With these data as analysis of variation (ANVA) of each varibale was carried out separately for each trial. When significant differences were found, the Tukey test was performed. Later on, an ANVA of both trials was performed, considering the arrangement of divided plots where the big plot corresponds to the effect of the

site of plantation and the small plot to the effect of seeds zone, with the purpose of finding out if there are effects of place due to origin and principal effects of origin.

The result of the place Tlacotepec Plumas showed a high percentage of survival, close to 100% without any difference for all the other variables studied which are highly significative. For the variable of total height, the tallest ones were from the provenance of Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (146.91 cm) and Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) (141.45 cm), the minor values came from the seeds of unknown origin in Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (100.65 cm) and Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (107.12 cm). For the variable of height increase, the tallest one was from the origin Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (123.83 cm) and the minor values came from the seeds collected at Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (84.91cm) and Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (89.21 cm). For the variables of diameter at the root collar and increase in diameter of the root collar the highest value was from the origin Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (48.73 and 40.92 cm) and the lowest value from Tlacotepec Plumas, Oax. (TPO) (36.91 and 30.64 cm). For the diameter of the crown the highest value was from the provenance of Yudolahuerta, Xacañi, Oax. (YXO) (73.80 cm) and the lowest values were from the seed coming from Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (54.91 cm) and the provenance of Rancho Nuevo, Chis. (RNC) (57.08 cm). For the number of whorls the highest value was from the origin San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) (7.04) and the lowest value from Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (6.22).

At the site Magdalena Zahuatlán, survival was close to 100% without showing any differences. For the other variables there were only differences for: total height, number of whorls and diameter of the crown. For the total height, the tallest one was from the origin Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (118.91 cm) and the minor values came from the seeds from Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (103.81cm). For diameter of the crown, the highest values Recorded were from

the provenance Yudolahuerta, Xacañi, Oax. (YXO) (64.70cm), San Miguel Aloapan, Oax. (SMAO) (66.92 cm), Ixtlán de Juárez, Oax. (IJO) (65.18cm) and Los Molinos Capulalpan, Oax. (LMCO) (65.81cm) and the lowest values were from the Tlacotepec Plumas provenance, Oax. (TPO) (49.71cm) and Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (51.70cm). For the variable number of verticils the highest value was from San Miguel Peras, Oax. (SMPO) (6.65) and the lowest values from Yudolahuerta Xacañi, Oax. (YXO) (5.91) and from Magdalena Zahuatlán, Oax. (MZO) (5.97).

Regarding the effect of site X provenance there was a high stability of genotype for all the variables evaluated of *Pinus oaxacana* because no interaction was observed. The main effects of site showed highly significant differences for all the variables, except for the number of branch whorls and survival. For the variables which showed statistical differences, the highest values were registered in the site of Tlacotepec Plumas. The principal effects of provenance showed highly significant differences between the provenances, except for the variable survival. The provenance showed a pattern similar to the results of the place Tlacotepec Plumas, Oax.

LITERATURA CITADA

- Arteaga M., B. 1990. Factores del sitio que requieren ser considerados en la selección de especies y terrenos para plantación. En: Memoria de mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 101-110.
- Avila A., O. J. 1981. Diagnóstico del estado de Oaxaca. Instituto Nacional Indigenista. Coordinadora estatal Oaxaca. Oaxaca. 43 p.
- Barner, H., B. Ditlevsen y K. Lessen. 1992 Introducción al mejoramiento genético forestal. Nota de clase No. D. 1. En: Manual técnico No 14, Mejoramiento genético forestal y conservación de recursos genéticos forestales. (Tomo I). DFS/CATIE/PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica. pp.19 -42 .
- Becerra L., F. J. F. Castellanos B. y M. Ruiz M. 1993. Recuperación de áreas degradadas en la Mixteca Oaxaqueña. En: Memoria I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de ponencias. SOMEREF. Saltillo, Coah., Mex. pp. 60 .
- Bermejo V., B. y F. Patiño V. 1981. Estudio de variación de las características morfológicas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* Mtz. en Chiapas. Revista Chapingo, Nueva Época. 29 (30):3-8.

- Bravo E., M. 1990. Marco de referencia de la Red de Investigación en Productividad de Agrosistemas de la Mixteca Oaxaqueña. INIFAP. Campo Experimental Mixteca Oaxaqueña. Yanhuatlán, Oax. 18 p.
- Callaham, R. Z. 1964. Investigación de procedencias. Estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. *Unasilva*. 18 (73):73-74.
- Capó A., M. A. 2002. Establecimiento de plantaciones forestales; los ingredientes del éxito. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 207 p.
- Capó A., M. A., R. López A. y E. H. Cornejo O. 1993. Crecimiento de *Pinus greggii* en suelos de ocho localidades. En: memoria I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de ponencias. SOMEREF. Saltillo, Coah., México. pp. 75.
- Castellanos B., J. F. 1993. Importancia de la leña combustible en la región Mixteca oaxaqueña. En: I Simposio Internacional y II Reunión Nacional Sobre Agricultura Sostenible. INIFAP. Puebla, Pue. pp. 56-76.
- Castellanos B., J. F. y M. Ruíz M. 1994. Introducción de *Pinus greggii* Engelm en la Mixteca Alta Oaxaqueña. En: IV Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Resúmenes de ponencias. SARH. México. pp. 66.
- Clausen, J. 1990. Respuesta fisiológica al "stress" de los árboles. En: Memoria de mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguluz P., T. y A. Plancarte B. (editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp.172-187 .
- CETENAL, 1977a. Carta Topográfica. Tepelmeme E14D15. Esc: 1:50000. SPP. México.

- CETENAL, 1977b. Carta Topográfica. Nochixtlán E14D36. Esc: 1:50000. SPP. México.
- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1965. Diseños experimentales. Trillas. México. 661 p.
- Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Backer. 1982. Principios de silvicultura McGraw Hill. México. 493 p.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 572 p.
- Eguiluz P., T. 1988. Glosario de términos de genética y mejoramiento genético forestal. Boletín Técnico No. 2. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. 58 p.
- Enciclopedia Salvat. Diccionario. 1972. Tomo 12, Salvat Editores S.A. Impreso Gráficas Estrella S.A. España. 3271 p.
- FAO. 1976. Mapa mundial de suelos. México y América Central. FAO. París, Francia. Vol. 3. 365 p.
- García de M., E. 1989. Apuntes de climatología. Sexta edición. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México. 155 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Cuarta edición. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México. 217p.

- Gómez C., M. 1994. Potencial productivo de especies forestales en Ixtlán de Juárez, Oax. Folleto Técnico Forestal No. 4 INIFAP. CIRPS Campo Experimental Valles Centrales. Oaxaca, Oax. 24 p.
- Hernández D., J. 1988. Notas básicas sobre mejoramiento genético forestal. *Ciencia Forestal*: 13(64):37- 47.
- Hocker Jr., H. W. 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor. México. 467 p.
- INEGI. 1984a. Carta de humedad en el suelo. Oaxaca E14-9. Escala 1:250,000. Dirección de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México.
- INEGI. 1984b. Carta uso potencial, ganadería y forestería. Oaxaca E14-9. Escala 1:250,000. Dirección de Estudios del Territorio Nacional. SPP. México.
- INEGI.1990. XI Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. 311 p.
- INIFAP. 1999. La Mixteca alta del estado de Oaxaca. Documento interno CIRPS (INEDITO) s/p.
- Jasso M., J. y R. Villareal C. R. 1993. La necesidad de la investigación sobre mejoramiento genético para las plantaciones forestales en México. En: Memoria de plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional. SARH. Publicación Especial No. 13. México. pp.14-19.
- Macera O., M. de J Ordoñez y R. Dirzo. 1992. Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México. *Ciencia Forestal* 43 (número especial) : 151-153.

- Mariotti J., A. 1986. Fundamentos de genética biométrica, aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Monografía. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. U.S.A. 151 p.
- Martínez, M. 1948 Los pinos mexicanos. Ed. Botas. México 361 p.
- Mas P., J., J. J. García M. y M. A. Cervantes S. 1995. Ensayo de especies y procedencias de árboles en el campo experimental Barranca de Cupatitzio. *Ciencia Forestal* 20 (78):111-141.
- Menchaca G., R. A. y A. Maruri G. 1999. Variación de conos de *Pinus oaxacana* Mirov de dos sitios del Cofre Perote, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 1(3):19-22 .
- Mesón, M. y M. Montoya. 1993. Selvicultura mediterránea. Mundi-Prensa Madrid, España. 367 p.
- Mirov, N.T. 1961. Composición of gum turpentine of pines. Tech. Bul. No. 1239. USDA-Forest Service. U.S.A. 158 p.
- Niembro R., A. 1990. Algunas especies nativas y exóticas apropiadas para plantaciones forestales. En: Memoria de mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P, T. y A. Plancarte B. (Ed.). Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 28-33.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En: Memoria de mejoramiento genético y plantaciones forestales. Eguiluz P., T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp.16-27.

- Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Limusa. México. 273 p.
- Patiño V., F. y G. Borja L. 1973. La necesidad de investigación en ensayos de especies y procedencias. En: Memoria de plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional. SARH. Publicación Especial No. 13. México. pp.22-26 .
- Patiño V., F. y J. C. Garzón R. 1976. Manual para el establecimiento de ensayos de procedencias. Boletín Divulgativo No. 43 INIF. México. 61 p.
- Pederson, A. P., K. Olessen y L. Graudal. 1993. Mejoramiento genético forestal a nivel de especies y procedencias. Nota de clase No. D-3. En: Mejoramiento genético forestal y conservación de recursos genéticos forestales. (Tomo I). DFS/CATIE/PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica. pp.57-73 .
- Perry Jr., J. P. 1991. The pines of Mexico and America Central. Timber Press, Inc. Portland, Oregon. USA. 563 p.
- Pritchett, W. L. 1986. Suelos forestales. Limusa. México. 634 p.
- Quijada R., M.1980. interacción genotipo ambiente. En: estudio FAO: Montes No. 20 Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANINA sobre la mejora genética de los árboles forestales. FAO. Roma . pp. 231-235.
- Ramírez G., J. A. y F. Nepamuceno M. 1986. Fenología de tres especies de coníferas de los "Altos de Chiapas". Ciencia Forestal 11(60):21-50.

- Ruíz M., M. 1990. Marco de Referencia de la red de mejoramiento genético y plantaciones forestales de la Mixteca Oaxaqueña. INIFAP. CIRPS. Campo Experimental Mixteca Oaxaqueña. Documento interno. Yanhuitlán, Oax. 26 p.
- Ruíz M., M. 1994. Evaluación dasométrica de plantaciones forestales en áreas perturbadas de la Mixteca Alta Oaxaqueña. Informe Anual de labores del programa de plantaciones de protección y restauración. INIFAP. CIRPS. Documento interno. Oaxaca, Oax. s/p.
- Ruíz M., M. 1996. Las plantaciones forestales en la Mixteca Oaxaqueña. Folleto Técnico INIFAP. CIRPS. Campo experimental Valles Centrales. Oaxaca Oax. 16 p.
- Ruíz M., M., R. Rodríguez H., J. F. Castellanos B., C. Rodríguez F., y A. M. Fierros G. 1995. Proyectos forestales productivos para la Mixteca Alta de Oaxaca. INIFAP. CIRPS .Folleto Técnico No. 9. Oaxaca, Oax. 39 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Sáenz R., C. y A. Plancarte B. 1992. Metodología para el establecimiento y evaluación de ensayos de progenie en especies forestales. Serie de Apoyo Académico No. 46. UACH. Chapingo, México. 47 p.
- Salgado P., E. 1978. La reforestación como una medida de prevención y control del deterioro ambiental. En: Memoria de plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional. SARH. Publicación Especial No. 13. México. pp.586-587.

- Sánchez M., N. 1978. Estrategias e incentivos para estimular el establecimiento de plantaciones forestales En: Memoria de plantaciones forestales. Primera Reunión Nacional. SARH. Publicación Especial No. 13. México. pp. 591-597.
- SARH. 1980. Taller para el control de la erosión en La Mixteca Oaxaqueña. Publicación especial No. 1. INIA. Campo Agrícola Experimental de la Mixteca Oaxaqueña. Yanhuitlan, Oax. 30 p.
- Segura, G. y M. Bellón. 1993. Dimensión y escala de los beneficios ambientales en el sector forestal. En: I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales. Resúmenes de ponencias. SOMEREF O Saltillo, Coah., México. pp. 107 .
- SEMARNAP. 1995. Programa forestal y de suelos 1995-2000. Poder Ejecutivo Federal. México. 40. p.
- SEMARNAP. 2000a. Conservación y manejo comunitario de los recursos forestales en Oaxaca. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca Delegación Oaxaca. México. 212 p.
- SEMARNAP. 2000b. Recursos forestales y desarrollo sustentable en México 1995-2000 México. 110. p.
- Spurr S. H y B. V. Barnes. 1980. Ecología forestal. A.G.T. Editor. México 690 p.
- Torres R., E. 1984. Manual de conservación de suelos agrícolas Ed. Diana, México. 170 p.

- Universidad Autónoma Chapingo. 1986. Levantamiento fisiográfico y evaluación de la erosión de las Mixtecas Oaxaqueñas Alta y Baja. UACH. Centro Regional Universitario Sur. Pinotepa Nacional, Oax. 371 p.
- Valencia M., S., J. J. Vargas H. y M. Capó A. 1996. Estimación de parámetros genéticos en *Pinus caribea* Morlet var. *caribea*. Agraria. 12(1): 10-26.
- Velasco G., M. 2001. Ensayo de trece procedencias de *Pinus gregii* Engelm en dos localidades de la región Mixteca Alta Oax. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 75 p.
- Villarreal C., R. 1992. La importancia de un banco de germoplasma en las plantaciones forestales. En: Memoria del simposio sobre reforestación comercial, Chihuahua Chih. Compilado y editado por: Villa S., A. Publ. Esp. No. 65. INIFAP. México. pp. 84-85.
- Willan, R. L., K. Olessen y H. Barner. 1993. La variación natural como base del mejoramiento genético forestal. Nota de clase No. A-3. En: manual técnico No 14. Mejoramiento genético forestal y conservación de recursos genéticos forestales. (Tomo I). DFS/CATIE/PROSEFOR. Turrialba, Costa Rica pp. 1-18.
- Young, R. A. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Limusa. México. 636 p.
- Zerecero L., G. y M. Caballero D. 1978. Incentivos para las plantaciones forestales. En: Memoria de plantaciones forestales Primera Reunión Nacional. SARH. Publicación Especial No. 13. México. pp. 607-610 .
- Zobel, B. y J. Talbert, 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza para todas las variables analizadas en el ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* en la localidad Tlacotepec Plumas, Oax.,

VARIABLE	FV	gl	CM	Fc	Pr=F
Sobrevivencia a 2.5 años CV= 11.16%	Bloque	11	92.68	0.99	0.4634
	Procedencia	7	122.87	1.31	0.2561
	Error	77	93.65		
	Total	95			
Altura total a 2.5 años CV= 20.11%	Bloque	11	1382.08	2.20	0.0227
	Procedencia	7	3033.74	4.83	0.0002
	Error	77	628.60		
	Total	95			
Incremento en altura a 2.5 años CV= 22.728%	Bloque	11	894.00	1.63	0.1063
	Procedencia	7	2120.94	3.87	0.0012
	Error	77	547.74		
	Total	95			
Diámetro basal a 2.5 años CV= 20.21%	Bloque	11	183.66	2.35	0.0146
	Procedencia	7	215.10	2.76	0.0131
	Error	77	78.02		
	Total	95			
Incremento en diámetro a 2.5 años CV=22.92 %	Bloque	11	135.07	1.99	0.0413
	Procedencia	7	171.41	2.52	0.0218
	Error	77	68.04		
	Total	95			
Diámetro de copa a 2.5 años CV= 19.83%	Bloque	11	449.92	2.84	0.0036
	Procedencia	7	460.93	2.91	0.0094
	Error	77	158.50		
	Total	95			
Número de verticilos a 2.5 años CV= 8.21%	Bloque	11	0.93	2.99	0.0023
	Procedencia	7	0.69	2.21	0.0422
	Error	77	0.31		
	Total	95			

FV= Fuente de variación; gl= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; Fc= Valores calculados de F; Pr=F= Probabilidad de cometer el error tipo I (α) al rechazar H_0 ; CV= Coeficiente de variación.

Apéndice 2. Análisis de varianza para las variables analizadas en el ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* en la localidad Magdalena Zahuatlán, Oax.

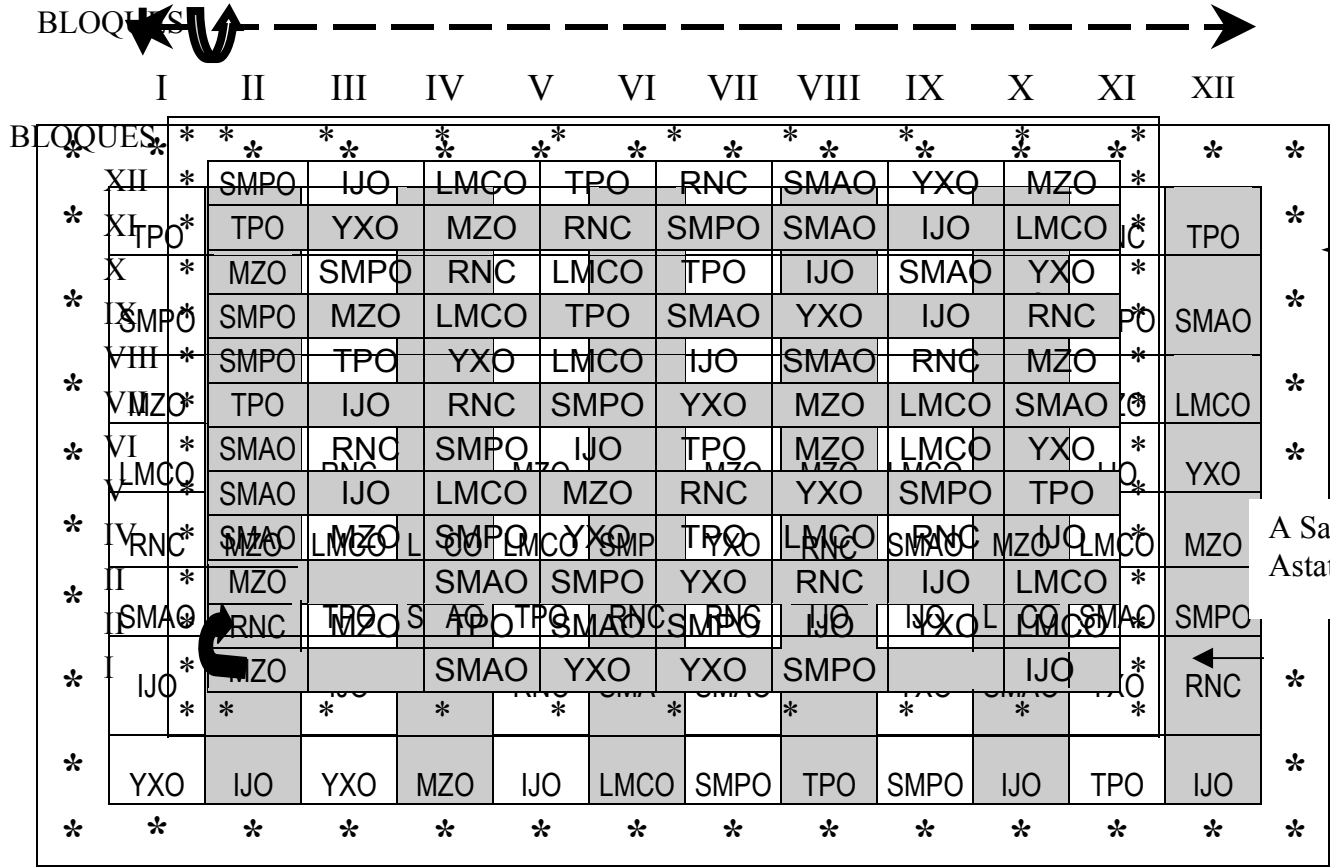
VARIABLE	FV	gl	CM	Fc	Pr=F
Sobrevivencia a 2.5 años CV= 9.57%	Bloque	11	60.52	0.85	0.5873
	Procedencia	7	47.27	0.67	0.6988
	Error	77	70.83		
	Total	95			
Altura total a 2.5 años CV=17.44 %	Bloque	11	361.10	1.00	0.4566
	Procedencia	7	840.43	2.32	0.0334
	Error	77	362.02		
	Total	95			
Incremento en altura a 2.5 años CV= 20.1%	Bloque	11	208.71	0.64	0.7885
	Procedencia	7	336.50	1.03	0.4153
	Error	77	325.78		
	Total	95			
Diámetro basal a 2.5 años CV= 16.81%	Bloque	11	71.07	1.80	0.0676
	Procedencia	7	55.20	1.40	0.2171
	Error	77	39.40		
	Total	95			
Incremento en diámetro a 2.5 años CV=19.87 %	Bloque	11	49.84	1.44	0.1725
	Procedencia	7	35.60	1.03	0.4180
	Error	77	34.60		
	Total	95			
Diámetro de copa a 2.5 años CV= 16.30%	Bloque	11	452.96	4.73	0.0001
	Procedencia	7	555.45	5.80	0.0001
	Error	77	95.73		
	Total	95			
Número de verticilos a 2.5 años CV= 8.33%	Bloque	11	0.71	2.59	0.0074
	Procedencia	7	1.02	3.73	0.0016
	Error	77	0.27		
	Total	95			

FV= Fuente de variación; gl= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; Fc= Valores calculados de F; Pr=F= Probabilidad de cometer el error tipo I (α) al rechazar H_0 ; CV= Coeficiente de variación.

Apéndice 3. Análisis de varianza para todas las variables estudiadas en el ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* para el efecto interacción localidad por procedencia.

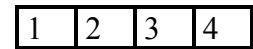
VARIABLE	FV	gl	CM	Fc	Pr=F
Sobrevivencia a 2.5 años CV= 10.39%	Localidad	1	68.56	0.68	0.4265
	Bloque	11	52.68	0.64	0.7920
	Loc*bloq	11	100.54	1.22	0.2764
	Proc	7	122.29	1.55	0.1552
	Loc*proc	7	42.85	0.52	0.8176
	Error	154	82.24		
	total	191			
Altura a 2.5 años CV= 19.01%	Localidad	1	10943.51	22.56	0.0006
	Bloque	11	1258.11	2.54	0.0056
	Loc*bloq	11	485.01	0.98	0.4677
	Proc	7	3378.70	6.82	0.0001
	Loc*proc	7	495.41	1.00	0.4333
	Error	154	495.30		
	Total	191			
Incremento en altura CV =22.12%	Localidad	1	13882.62	34.76	0.0001
	Bloque	11	703.32	1.61	0.1007
	Loc*bloq	11	399.38	0.91	0.5281
	Proc	7	1907.93	4.37	0.0002
	Loc*proc	7	549.51	1.26	0.2748
	Error	154	436.76		
	Total	191			
Diámetro a 2.5 años CV= 18.1%	Localidad	1	1957.13	38.09	0.0001
	Bloque	11	203.35	3.46	0.0002
	Loc*bloq	11	51.38	0.88	0.5660
	Proc	7	204.05	3.48	0.0017
	Loc*proc	7	66.25	1.13	0.3481
	Error	154	58.71		
	total	191			
Incremento en diámetro CV= 21.84%	Localidad	1	1951.81	40.98	0.0001
	Bloque	11	137.27	2.67	0.0036
	Loc*bloq	11	47.62	0.93	0.5153
	Proc	7	140.80	2.74	0.0103
	Loc*proc	7	66.29	1.29	0.2579
	Error	154	51.32		
	Total	191			
Diámetro de copa a 2.5 años CV = 18.25%	Localidad	1	573.68	2.28	0.1590
	Bloque	11	651.60	5.13	0.0001
	Loc*bloq	11	251.28	1.98	0.0342
	Proc	7	806.02	6.34	0.0001
	Loc*proc	7	210.35	1.65	0.1241
	Error	154	127.11		
	total	191			
Número de verticilos a 2.5 años CV= 8.31%	Localidad	1	9.44	15.49	0.0023
	Bloque	11	1.03	3.53	0.0002
	Loc*bloq	11	0.60	2.07	0.0254
	Proc	7	1.35	4.59	0.0001
	Loc*proc	7	0.36	1.25	0.2808
	Error	154	0.29		
	total	191			

FV= Fuente de variación; gl= Grados de libertad; CM= Cuadrados medios; Fc= Valores calculados de F; Pr=F= Probabilidad de cometer el error tipo I (α) al rechazar Ho; CV= Coeficiente de variación.



A Magdalena Zahuatlán

Salida a la carretera Oaxaca-Nochixtlan



Procedencias de *Pinus oaxacana*

Unidad experimental
(cuatro plantas)

- TPO= Tlacotepec Plumas, Oax.
- YXO= Yudolahuerta, Xacañi, Oax.
- SMAO= San Miguel Aloapan, Oax.
- MZO= Magdalena Zahuatlán, Oax
- IJO= Ixtlán de Juárez, Oax.
- LMCO= Los Molinos, Capulpan, Oax.

- SMPO= San Miguel Peras, Oax.
- RNC= Rancho Nuevo Chis.

Distribución; tresbolillo
 Distancia entre plantas: 3 m
 Distancia entre líneas: 3 m
 *Plantas usadas como borde.

Figura 3. Croquis del diseño experimental del ensayo de procedencias de *Pinus oaxacana* en la comunidad de Magdalena Zahuatlán, Oax.

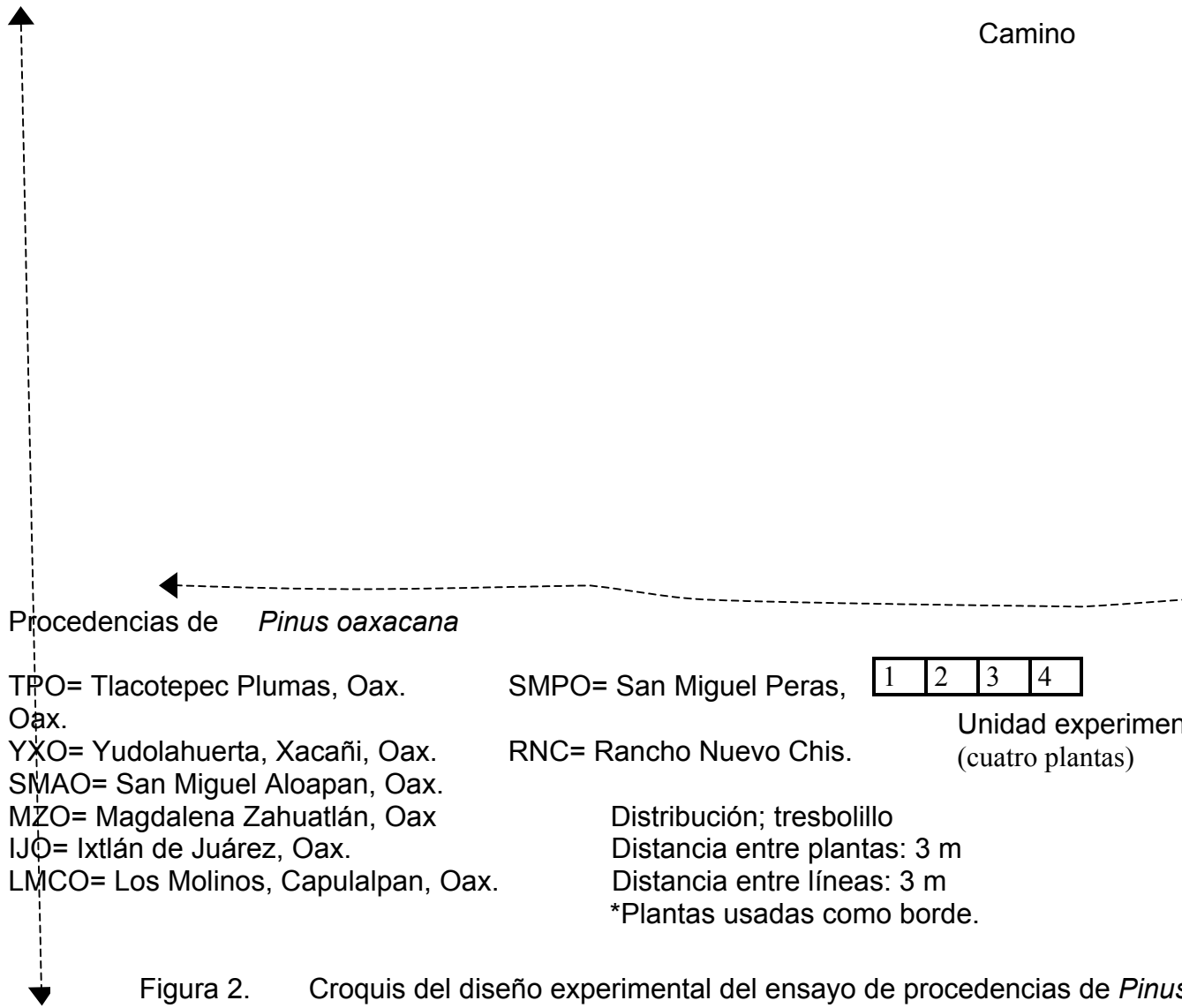


Figura 2. Croquis del diseño experimental del ensayo de procedencias de *Pinus* comunidad de Tlacotpec Plumas , Oax.