

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**Evaluación de la regeneración natural de coníferas en el área  
incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.**

**Por:**

**Erika María Reyna Olvera**

**Tesis**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo Forestal**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Mayo de 1998**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISION DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación de la regeneración natural de coníferas en el área  
incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.

TESIS

Que somete a consideracion del H. Jurado Examinador, como requisito  
parcial para obtener el título de:  
INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

Presenta:  
Erika María Reyna Olvera

APROBADA

Presidente del jurado

ING. Eduardo Aldrete Menchaca

Primer sinodal

Segundo sinodal

M.C. Salvador Valencia Manzo

Ing.J.Armando Nájera Castro

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
DIVISION DE AGRONOMIA

Evaluación de la regeneración natural de coníferas en el área  
incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el título de:  
INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

Presenta:  
Erika María Reyna Olvera

APROBADA

Presidente del jurado

Coordinador de la  
División de agronomía

ING. Eduardo Aldrete Menchaca

M.C. Mariano Flores Dávila

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 1998  
DEDICATORIA

A las personas que debo todo lo que tengo y todo lo que soy:  
MIS PADRES: Sr. Alejandro Reyna Gómez y

Sra. Hermila Olvera Sánchez

Porque cuando más los he necesitado siempre han estado a mi lado brindandome su apoyo, guiandome con sabiduría y paciencia e impulsandome a seguir adelante. Gracias por su gran sacrificio; estoy orgullosa de poder llamarlos padres.

A MIS HERMANOS: M<sup>a</sup> Idalia

Juan Antonio y su esposa Celia Hdz.

Verónica y

Mayra Alejandra

Con cariño.

A MIS SOBRINAS: Magnolia A., Celia B. y Karla S.

Con todo mi amor a José Rodrigo Jiménez C.

Por el amor, la confianza y el apoyo que ha demostrado tenerme.

A todos mis amigos

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por escucharme y permitirme terminar la carrera.

A MI ALMA TERRA MATER

Por abrirme sus puertas y permitir mi formación como profesionalista.

Al Ing. Eduardo Aldrete Menchaca

Por su valiosa asesoría y consejos para la realización del presente trabajo.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo

Por su apoyo en el análisis estadístico así como sus importantes y atinados comentarios en las revisiones del presente trabajo.

Al Ing. J. Armando Nájera Castro

Por su participación en la revisión del presente.

Al M.Sc. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo

Por el encauzamiento y apoyo recibido.

Al Biologo José Angel Villarreal Q.

Por la identificación del material botánico.

A todos los maestros del Departamento Forestal que contribuyeron en nuestra formación como profesionistas.

A mis amigos que colaboraron desinteresadamente en la toma de datos de campo, a saber: Tito Abad B., Enrique de los Santos G., Arturo Pineda E., José L. Acuña A., J.Rodrigo Jiménez C., Daniel Jiménez C., Guadalupe Chico R., Oswaldo Villanueva M. y Joel Espinoza Rivera.

Al Sr. Julián Charles y a cristobal, por la amistad y apoyo brindados.

A todos mis compañeros de la LXXXII generación de la especialidad de Forestal, por la bella amistad compartida dentro y fuera de salón de clases; especialmente a Rubén Salazar Bazaldúa, Rubén C.Franco A. y José A. Díaz Balderas.

A Norma, Vanessa y a Gil, del Departamento Forestal, por su amistad

A todas las personas que de alguna u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>v</b>

I INTRODUCCION .....	1
II ANTECEDENTES .....	4
2.1 Regeneración natural .....	4
2.1.1 Producción de semillas .....	7
2.1.2 Dispersión de semillas .....	9
2.1.3 Establecimiento de plántulas .....	10
2.2 Fuego .....	13
2.3 Sucesión .....	16
2.4 Competencia .....	19
2.5 Tolerancia .....	21
2.6 Estructuras poblacionales .....	24
2.7 Diseño de muestreo .....	25
2.7.1 Muestreo por conglomerados en dos etapas .....	26
2.7.2 Determinación de la forma y el tamaño de las Unidades Secundarias de Muestreo .....	28

Página

III MATERIALES Y METODOS .....	31
3.1 Descripción del área de estudio .....	31
3.2 Recorridos preliminares .....	34
3.3 Fotografías aéreas, Cartografía y Fotointerpretación .....	36

3.4	Diseño de muestreo .....	37
3.5	Recorridos definitivos .....	38
3.5.1	Establecimiento y caracterización de las Unidades Secundarias de Muestreo en el campo .....	39
3.5.2	Forma, tamaño y delimitación de las Unidades Secundarias de Muestreo .....	40
3.6	Información de la regeneración por obtener .....	41
3.7	Análisis de la información .....	42
IV	RESULTADOS Y DISCUSION .....	44
4.1	Vegetación del área incendiada .....	44
4.2	Características fisiográficas de las Unidades Secundarias de Muestreo .....	46
4.3	Densidad de la regeneración natural de coníferas .....	48
4.4	Estructura .....	63
4.5	Estructura de la regeneración de <i>Pseudotsuga flahaulti</i> ...	78
		Página
4.6	Análisis de correlación edad-altura para las especies de la regeneración .....	81
V	CONCLUSIONES .....	83
VI	RECOMENDACIONES .....	86

VII RESUMEN .....	89
VIII LITERATURA CITADA .....	92
IX APENDICE .....	98

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Caracterización fisiográfica de las U.S.M. ubicadas en el área incendiada en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.....	46
2 Valores de densidad absoluta promedio (ind/ha) y densidad relativa(%) de la regeneración natural de coníferas, en las U.S.M. establecidas en el área	

	incendiada en 1975 en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila .....	51
3	Valores promedio de densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%) de la regeneración natural de coníferas, en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con las categorías de densidad .....	58
4	Valores de densidad absoluta (ind/ha )y relativa (%) de la regeneración natural de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con su potencialidad de regeneración natural .....	59
5	Valores de altura promedio(m) de la regeneración natural de coníferas en las U.S.M establecidas en el área incendiada en 1975 en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila .....	65
6	Valor general promedio de altura (m) de las especies .....	66
7	Valores de edad promedio(años) de la regeneración natural de coníferas, en las U.S.M. establecidas en el área incendiada en 1975 en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila .....	69
8	Valor general promedio de edad aparente (años) de las especies .....	68
9	Valores promedio de altura y edad de las especies en los grupos de sitios, ordenados de acuerdo con su potencial de regeneración natural.....	72

10	Valores de correlación entre las variables edad- altura de la regeneración natural de coníferas ...	81
----	--	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Densidad de renuevos de coníferas por U.S.M. en relación con el gradiente altitudinal en el área incendiada de la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila	54
2	Clasificación de las U.S.M. en los diferentes grupos de sitios ordenados de acuerdo con las categorías de densidad, en el área incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila ...	56
3	Estructura general por categorías de altura de la	

	regeneración natural de coníferas .....	67
4	Estructura general por categorías de edad de la regeneración natural de coníferas .....	71
5	Estructuras por categorías de edad de la regeneración natural de coníferas, en los grupos de sitios con potencialidad .....	75
6	Estructuras por categorías de altura de la regeneración natural de coníferas, en los grupos de sitios con potencialidad .....	76
7	Estructura general por categorías de altura en la regeneración natural de <i>Pseudotsuga flahaulti</i> en el área incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila .....	79

## I INTRODUCCION

Los bosques de coníferas son muy frecuentes en zonas de clima templado; caracterizan muchos sectores del país con amplia diversidad florística y ecológica. Sin embargo, el bosque es afectado constantemente debido a la acción de uno o varios factores de destrucción que reducen la superficie boscosa año con año; entre los cuales se encuentran los incendios forestales, los desmontes, el sobrepastoreo y la construcción de vías de comunicación. SARH (1994) reporta que el 72 % de la superficie del país es de aptitud forestal, con un total de 141.7 millones de hectáreas, de la cual la superficie boscosa solo es de 30.4 millones de hectáreas y

adicionalmente las áreas perturbadas cubren un total de 22.2 millones de hectáreas. De esta manera se está perdiendo la riqueza que el bosque representa, provocando la desaparición innecesaria de la vegetación natural; o bien manteniéndola en niveles degradados, además de causar alteraciones a la estructura del bosque, composición de especies y al microclima. Un factor prominente que causa destrucción forestal inmediata es sin duda el fuego; en México representa una costumbre emplear el fuego como un instrumento de manejo de la vegetación, pero actualmente el número y extensión de los incendios forestales aumentan año con año y sus efectos son cada vez más notables y destructores. Este puede producirse casi en

2

cualquier ecosistema terrestre debido a la acumulación de residuos vegetales, que en determinado momento se hacen combustible y bajo estas condiciones los relámpagos o la actividad del hombre pueden provocar incendios incontrolados.

Algunas veces el fuego es considerado un factor natural que termina e inicia la vida, de él dependen procesos y funciones que intervienen en la repoblación natural, reproducción, competencia y la sucesión.

La evaluación de la repoblación natural de coníferas constituye un aspecto importante a considerar en muchos bosques templados de México, puesto que la información sobre su estructura, dinámica y respuesta al fuego en ecosistemas forestales es

incipiente; además no existen aún criterios para evaluarla a nivel de mala, regular o buena (Musálem *et al.*, 1991).

En el área de estudio se presentó un incendio forestal en el año de 1975, por lo que el presente trabajo está dirigido a realizar una evaluación de la condición de la regeneración natural de coníferas, en el área conocida como Sierra La Marta.

El presente trabajo tiene como objetivo principal: Evaluar y conocer el potencial de regeneración natural de coníferas de las especies presentes en el área afectada por el fuego.

3

Los objetivos particulares son:

- a) Estimar la densidad, estructura y composición de la regeneración y analizar posibles relaciones con el gradiente altitudinal.
- b) Aportar conocimientos ecológicos sobre el establecimiento de la regeneración natural de coníferas, ante el fuerte disturbio originado por el incendio ocurrido en 1975.

## **II ANTECEDENTES**

### **2.1 Regeneración natural**

La repoblación natural de muchos bosques de clima templado constituye un aspecto muy importante por considerar en la evaluación del estado actual que guardan los bosques de México (Musálem *et al.*, 1991).

Vidal e Italo (1959) mencionan que la repoblación natural es un proceso que permite la reinstalación del bosque cuando se encuentra degradado por un aprovechamiento irracional, o ha perdido su valor económico como consecuencia del ataque de enfermedades, parásitos o la acción del fuego. Los mismos autores sostienen que el ambiente determina por acción y reacción la extensión, composición y fisonomía del bosque.

Spurr y Barnes (1982) aseguran que todo ciclo reproductivo de las especies forestales se encuentra estrechamente adaptado al

complejo de los factores del medio ambiente del lugar donde crecen, o sea su localización o hábitat.

Hocker(1984) manifiesta que la capacidad de una especie determinada para ocupar un sitio particular depende de su proximidad al sitio, de la cantidad de semillas que se diseminan y de la capacidad de la especie para establecerse.

5

La fase regenerativa consta de una serie de etapas que van desde el desprendimiento de la semilla, su dispersión, su vida latente y la germinación, hasta el establecimiento de la plántula (Grime, 1989).

Daniel *et al.* (1982) mencionan que el éxito de la regeneración natural depende de los árboles semilleros circundantes para la producción de semillas; influyendo además una serie de factores como son una fuente de semillas viable, un terreno preparado adecuado y un ambiente compatible con la germinación y establecimiento de la regeneración; y que al haber incompatibilidad con alguno de estos factores fracasa la regeneración. Ellos sostienen que dicha incompatibilidad de los factores es ocasionada principalmente porque existe depredación de la semilla por animales, el espesor de la capa de residuos orgánicos muchas veces puede evitar la germinación al no permitir el contacto de la semilla con el suelo mineral, la temperatura, la humedad y la competencia radicular con plantas indeseables.

Franco (1990) estudia la dinámica de la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti* Flous, en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, en la Sierra La Marta, en el municipio de Arteaga, Coahuila; él menciona que el estrato de renuevos está integrado por las especies *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Cupressus arizonica*, *Pinus ayacahuite* y *Abies vejarii*, reportando

6

promedios de densidad de 1730, 1527 y 3120 ind/ha para la ladera baja, media y alta, respectivamente; él indica que la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti* manifiesta una tendencia a crecer y que supera a las demás especies en densidad, apareciendo con un promedio de 1990 ind/ha; alcanzando de igual manera los más altos valores de densidad relativa.

Cornejo (1987) realizó un estudio ecológico y dasonómico del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en la Sierra la Marta, Arteaga, Coahuila. En su estudio analiza la condición del bosque y reporta para el estrato arbóreo de coníferas una densidad promedio de 613 ind/ha, misma que se incrementa con la altitud; este estrato se integra por las especies *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Cupressus arizonica*, *Abies vejarii* y *Pinus ayacahuite*; él señala que la ladera baja de la sierra se caracteriza por una mezcla de *Pinus hartwegii* y *Pseudotsuga flahaulti*, mientras que en la ladera media los sitios son puros de *Pseudotsuga flahaulti* y que en la ladera alta *Pseudotsuga flahaulti* se asocia con *Cupressus arizonica* y *Abies vejarii*, atribuyéndole el incremento de la densidad con el

gradiente altitudinal a la tolerancia de las especies y al estadio sucesional.

El reporta que el estrato de renuevos de coníferas presentó una densidad promedio de 1569 ind/ha y una relación directa con la altitud, la densidad y la composición del estrato arbóreo de

7

coníferas. Por último él concluye que la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* puede germinar y desarrollarse bajo diferentes doseles, presentando mayores valores de densidad y altura bajo cielo abierto, el dosel de *Pseudotsuga flahaulti* y el de latifoliadas y reconoce que esta especie se puede establecer en menores altitudes, en donde ocurren mayor intensidad luminosa y menos sombra; así como en mayores altitudes donde la intensidad luminosa es menor y el sombreado es mayor.

### **2.1.1 Producción de semillas**

Las semillas de los árboles, particularmente si proceden de especies silvestres, constituyen una de las estructuras más complejas y menos conocidas de las plantas superiores, además de ser el medio a través del cual se lleva a cabo la regeneración natural de los bosques naturales (Niembro, 1986).

La producción de semillas es el factor más importante para el logro exitoso de la repoblación natural, ya que el nivel de este factor permitirá conocer o al menos predecir si existirá la posibilidad de repoblación (Musálem et al., 1991).

Hocker (1984) menciona que algunos árboles dentro de una localidad tienen la capacidad de producir grandes cantidades de

8

semilla, mientras que otros con el mismo tamaño y en la misma localidad no son tan productivos.

Farnworth y Golley (1977) señalan que las fuerzas selectivas actúan más poderosamente sobre las semillas y la población de plántulas que sobre las plantas maduras. Asimismo Grime (1989) asegura que cuando no hay restricción en la producción de semillas de un sitio, un factor que limita la regeneración de muchos árboles es la depredación por animales y hongos, afirma que en muchos árboles de los bosques no se producen semillas cada año y la capacidad de las plántulas para sobrevivir por períodos largos bajo circunstancias desfavorables asegura el potencial de regeneración.

La abundancia, la periodicidad del florecimiento y la producción de semillas no solo están controlados por el medio ambiente interno de la planta, sino que están influenciados por el ambiente externo, particularmente la luz, la temperatura y la humedad. Las condiciones de alta temperatura y sequedad en el verano del año anterior al florecimiento y la polinización, han estado asociados a menudo con una buena producción de semillas; las heladas primaverales pueden eliminar las yemas reproductivas o dañan los conos. Por el contrario excesivas temperaturas o severas sequías pueden causar el aborto de frutos inmaduros y conos, o provocar una marcada reducción en el tamaño de la

semilla; los fuertes vientos y el granizo, los insectos y otros animales que se alimentan de conos y semillas pueden provocar importantes pérdidas (Spurr y Barnes, 1982).

### **2.1.2 Dispersión de semillas**

En la regeneración natural de bosques, en especies de reproducción por medio de semillas, un proceso muy importante es la dispersión de semillas, en la cual intervienen varios agentes como el viento, el agua, la gravedad, los animales, las características aerodinámicas de la semilla, así como el número, altura y posición de los árboles semilleros dentro del área (Acosta y Musálem, 1986).

Las semillas de los pinos se dispersan por acción del viento gracias al ala que llevan adherida, o también con ayuda de la gravedad en caso de aquellas que carecen del apéndice o lo tienen atrofiado; aunque gran número de roedores, en particular las ardillas y los ratones favorecen del mismo modo la dispersión (Niembro, 1986).

El tamaño y peso de la semilla afectan la distancia de dispersión, como la mayor parte de los pinos tienen semillas pesadas y aladas, éstas son diseminadas por el viento dentro de un radio aproximado de 50 m de la fuente (Spurr y Barnes, 1982).

Una vez que las semillas son diseminadas en el piso forestal, son almacenadas y permanecen así durante un período corto o

prolongado, hasta que las condiciones internas y externas les permitan germinar; la dispersión puede producirse durante un período de tiempo corto o largo, dependiendo en parte del sitio y de las adaptaciones de las plantas de semillero. Las semillas de los olmos y los álamos se dispersan durante un período corto durante la primavera y en contraste algunas especies de pino tienen conos que permanecen cerrados (conos serotinos) por períodos mayores de 5 años, son especies adaptadas a incendios naturales, cuyo calor abre los conos y las semillas son dispersadas en el terreno preparado por el fuego; en la mayor parte de los otros pinos los conos se abren pocos después de la maduración y las semillas se dispersan en un período de 4 a 8 semanas (Spurr y Barnes, 1982).

### **2.1.3 Establecimiento de plántulas**

El establecimiento de las plántulas es la etapa más crítica en la historia vital de un individuo; se consideran establecidas a las pocas plantas que exhiben un crecimiento vigoroso, tomando generalmente un período de 1 a 3 años o en algunos casos más, dependiendo de que la semilla sobreviva hasta que se presenten

11

las condiciones favorables para que germinen; hay altas posibilidades de que las semillas no sobrevivan hasta la germinación debido principalmente a que muchas no tienen embrión, o bien de que sean comidos por pájaros o animales, también de que

sean infectados o atacados por insectos, influyendo también las condiciones del suelo donde se depositen las semillas. Una vez que las semillas logran germinar están sujetas a las condiciones físicas particulares del sitio, tales como los cambios de humedad, temperatura, la luz, además de competir con plántulas de su misma especie y con las que ya se encuentran establecidas en el área (Spurr y Barnes, 1982; Hocker, 1984; Niembro, 1986).

Franco (1990) en su estudio sobre la dinámica de la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti* Flous, en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila. menciona que en un período de estudio de dos años la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti* presentó una mortalidad de 22.44 %, señalando que el 85 % de ésta última se dio en los individuos con menos de 10 cm de altura y atribuye lo anterior a la susceptibilidad de las plántulas, a las variaciones ambientales, así como al escaso desarrollo de su sistema radicular y área foliar, además de la depredación y la suculencia.

12

Grime (1989) identifica tres características que pueden explicar la vulnerabilidad de muchas plántulas de árboles, éstas son: la baja tasa de crecimiento relativo, retraso en la consolidación y expansión lateral del follaje y problemas cuando menos en la fase inicial del establecimiento, además menciona que en los bosques templados el establecimiento de las plántulas de las

plantas de semillas relativamente pequeñas como *Pinus*, *Salix* y *Tsuga*, es adversamente afectado por una cubierta continua de mantillo y considera que existe una tendencia a que las plántulas de dichas especies se restrinjan a áreas donde el suelo mineral queda expuesto.

Las características del suelo donde se depositan las semillas ejercen notable influencia tanto en la germinación como en el posterior crecimiento y desarrollo de las plántulas. En primavera el mantillo se seca rápidamente y las plántulas cuyas raíces no han penetrado en el suelo mineral mueren pronto por falta de agua (Niembro, 1986; Hocker, 1984).

Existen varios factores que constituyen el medio ambiente en el cual se desarrolla la vida y el crecimiento del bosque y son: la temperatura, la luz que llega a la copa de los árboles, así como los nutrientes minerales y el agua necesaria que llegan a la

13

raíz para la fotosíntesis y otros procesos vitales (Spurr y Barnes, 1982).

## **2.2 Fuego**

La superficie forestal del país se ha reducido en forma progresiva originando graves problemas de índole ecológico, económico y social; junto con los recursos forestales, se han deteriorado el suelo, el agua y la fauna, así como otros valores

del ambiente natural. Los factores directos que han destruido los bosques son los incendios, los desmontes forestales, la explotación irracional, el pastoreo sin control, las plagas y algunas obras de infraestructura social (Verduzco, 1976).

El fuego en determinadas ocasiones y condiciones, puede resultar benéfico; ya que puede emplearse como un eficaz colaborador para favorecer la regeneración de ciertas especies forestales al quemar el mantillo y modificar la capa húmifera, facilitando la germinación y el crecimiento de una especie en contraposición con otras (Vidal e Italo, 1959).

Emmel (1987) define al fuego como un fenómeno natural que puede producirse en casi cualquier ecosistema terrestre, debido a la acumulación de residuos vegetales y de plantas que en algún momento del año se hacen combustibles; menciona también que los

14

incendios son destructores en el sentido inmediato y que no hay razón para que se considere un mal que deba abolirse por el esfuerzo del hombre de todos los ecosistemas.

Verduzco (1976) reconoce tres clases de incendios: a) los incendios superficiales que se caracterizan porque solo queman la maleza y la capa de materia muerta y menciona que en la mayoría de los casos sólo afectan la base de los árboles, pero considera que son muy dañinos para los brinzales de uno o pocos años de edad; b) los incendios de copa que se desarrollan en la copa de los árboles y en la mayoría de los casos el fuego consume en su totalidad el

follaje y el árbol muere por el calor excesivo que reciben las ramas; c) los incendios subterráneos que son aquellos que se originan por debajo de la superficie del suelo, debido a la combustión de materia muerta que no ha sido descompuesta todavía; este tipo de incendios se provocan en lugares donde es factible la acumulación de grandes cantidades de humus y en aquellos que permiten la acumulación apreciable de turba.

En las regiones en donde existe una cubierta vegetal muy densa además de una o varias estaciones secas, la selección ambiental puede incluir el factor fuego durante tanto tiempo y en respuesta a esto las plantas han desarrollado características especiales de adaptación que favorecen su persistencia a pesar de

15

incendios repetidos; adaptaciones como follaje resistente al fuego, corteza resistente (*Quercus spp* y *Pinus palustris*), yemas axilares latentes (*Populus tremuloides*), lignotuber y conos serotinos (*Pinus greggii*) (Spurr y Barnes, 1982).

Hocker (1984) menciona que las especies no resistentes, aunque no siempre resultan muertas por el fuego, pueden sufrir daños considerables como resultado del quemado de la corteza, el daño a la raíz, o el chamuscamiento de la copa; si esto ocurre en la estación vegetativa el árbol puede sobrevivir, pero si sucede en la estación de crecimiento morirán la mayor parte de los árboles.

Después de un incendio se incrementan las pérdidas de nutrientes por volatilización; los materiales orgánicos carbonizados y ennegrecidos absorben mejor la radiación que

materiales no quemados y esto hace que la temperatura se incremente de 3°C a 16°C más alto que en las áreas no afectadas, lo que puede causar la mortalidad de las plantas provenientes de semillero y retrasar el desarrollo forestal (Binkley, 1993; Spurr y Barnes, 1982).

Pritchett (1986) considera que los incendios ejercen una influencia sobre los tipos de vegetación, y cree que su secuela secundaria desempeña una función determinante para mantener la

16

diversidad de las especies y para conformar la composición y estructura de los bosques de la tierra durante miles de años.

Daniel et al. (1982) señalan que los incendios de gran magnitud o los repetidos ocasionan que la cubierta vegetal de tipo perenne o las malezas gocen de ciertas ventajas, el Abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) no se puede establecer debido a la ausencia de una fuente de semillas o a la formación de un denso sotobosque de malezas.

### **2.3 Sucesión**

La sucesión ecológica es un proceso ordenado de desarrollo de la comunidad, con el tiempo es razonablemente orientado y por consiguiente predecible; resulta de la modificación del medio físico por la comunidad, es decir, está controlada por la comunidad

pese a que el medio físico condicione el tipo y la velocidad del cambio y ponga a menudo límites a la posibilidad del desarrollo, culminando en un ecosistema estabilizado (Odum, 1972).

La vegetación dominante que se presenta como clímax sobre un sitio en particular está compuesta de las especies más tolerantes capaces de ocupar el sitio y además es capaz de ser reemplazada

17

por otra composición similar si es perturbada, siempre y cuando la capacidad productiva del sitio no haya sido alterada (Hocker, 1984).

Odum (1972) reconoce dos tipos de sucesión: a) la sucesión primaria que se presenta cuando el desarrollo comienza en un área que no ha sido ocupada previamente por una comunidad (una roca, una corriente de lava, etc.); tiende a empezar a un nivel inferior de productividad de lo que es la sucesión secundaria; y b) la sucesión secundaria que es aquella que ocurre cuando el desarrollo de la comunidad tiene lugar en una área de la que se eliminó otra comunidad (una tierra de cultivo abandonada, un bosque talado o incendiado, etc.); ésta es más rápida porque algunos organismos o sus diseminulos están ya presentes y el territorio previamente ocupado es más receptivo al desarrollo de la comunidad que las áreas estériles.

Margalef (1977) asegura que las especies que intervienen en este proceso poseen diferentes propiedades, calificando como pioneras, fugitivas u oportunistas a aquellas que se desarrollan primero, afirma que son especies con alta capacidad de

multiplicación ligada a una vida breve y menciona que su multiplicación elevada es la única forma de aprovechar un espacio vacío.

18

La progresión de las comunidades vegetales pioneras hasta el equilibrio final es una condición que se inicia con un cambio del medio (inundaciones, pastoreo, fuego, etc.), rompiendo el equilibrio existente y produciendo nuevas áreas para el desarrollo de la sucesión (Kucera, 1976).

Las especies se suceden unas a otras con regularidad y en forma predecible; primero se conocen las hierbas que crecen en los campos, a continuación las plantas perennes, los arbustos y las sucesivas comunidades de árboles. Las especies pioneras son oportunistas que se dispersan perfectamente y ocuparán el terreno disponible; las sustituirán plantas más persistentes que aparecerán con mayor lentitud, estarán menos adaptadas a los rigores del campo abierto, pero serán persistentes una vez que se establezcan (Colinvaux, 1982).

Billings (1968) ejemplifica la sucesión secundaria y menciona que en la zona subalpina de las Montañas Rocallosas, donde la vegetación original de bosques de abetos (*Picea* sp y *Abies* sp) fue destruida por el fuego, se desarrollan rodales puros de *Pinus contorta*, y que durante el transcurso de cien años, ejemplares jóvenes de *Picea* y *Abies* se establecen bajo los pinos y los van reemplazando a medida que los pinos más viejos van muriendo.

Daniel *et al.* (1982) mencionan que en sitios quemados las especies anuales son dominantes durante algunos años, para luego ceder su lugar a las perennes y que si existen semillas de abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) en el sitio, la sombra de la vegetación invasora favorece el establecimiento de las plántulas que de ellas surjan, de modo que finalmente los árboles de esta especie dominan el área.

#### **2.4 Competencia**

El desarrollo evolutivo de las plantas ha provocado diversas variaciones en las características fisiológicas y morfológicas que les permitan sobrevivir y crecer bajo diferentes condiciones (Hocker, 1984).

Dos especies compiten cuando utilizan el mismo recurso, de manera que cualquier ventaja adicional y persistente que consiga una de las especies en la utilización del recurso; una mayor eficiencia, mayor capacidad para ocupar espacio, poder ofensivo, etc., decide al cabo de un tiempo la eliminación de la otra especie que se encuentra en inferioridad (Margalef, 1977).

La competencia se da con respecto a recursos limitados, donde se incluye a la luz, el agua, los nutrientes y el espacio, además ésta varía de una situación silvestre a otra, de manera

que una especie en particular puede ser un fuerte competidor en un sitio, pero un débil competidor en otro (Grime, 1989).

Daniel *et al.* (1982) señalan que para que una especie se pueda considerar un competidor exitoso, debe contar con una buena fuente de semillas, un ambiente apropiado para el desarrollo de éstas, buenas condiciones de crecimiento y una baja susceptibilidad a las enfermedades o al daño producido por los insectos o animales que pudieran obstaculizar la supervivencia de los individuos.

Equihua y Benítez (1990) mencionan que la competencia puede ser interespecífica, cuando se presenta entre los organismos de distintas especies; o intraespecífica cuando se presenta entre los miembros de una misma especie.

Margalef (1977) manifiesta que en las plantas la competencia por la luz es distinta de la competencia por los nutrientes; las especies capaces de vivir con una menor concentración externa de nutrientes, sobreviven a las que la requieren en una concentración más elevada, pero en lo que concierne a la luz, las plantas de sombra necesitan la cobertura de otras y no pueden sobrevivir si las excluyen.

La luz no sólo es un factor vital, sino también un factor limitativo, la altura de un grupo cerrado de vegetación se asocia

con cambios en la intensidad, dirección y calidad de la radiación; el éxito de una especie puede depender considerablemente de la capacidad de una plántula para competir por la luz, dependiendo del

grado hasta donde las hojas puedan penetrar rápidamente a posiciones superiores en la cubierta (Odum, 1972; Grime, 1989).

Por lo que respecta a la humedad Musálem *et al.* (1991) mencionan que la vegetación herbácea es la que más compite con las plántulas de la repoblación, ya que tiene altos consumos de la humedad disponible en las capas superiores del suelo.

La competencia que existe entre las plantas perennes se expresa en términos de dominancia por la altura; entre árboles las especies intolerantes dependen de su rápido crecimiento en altura para sacar alguna ventaja sobre sus competidores en el terreno abierto, mientras que las especies tolerantes crecen más lentamente, pero pueden sobrevivir a una presión de competencia que tiene la capacidad de eliminar a las intolerantes; la competencia determina por lo general, que el superviviente es el más adecuado para cada sitio y condiciones de desarrollo, a menos que algunos factores que no sean la capacidad de competencia influyan sobre el resultado final (Daniel *et al.*, 1982).

## **2.5 Tolerancia**

22

Daniel *et al.* (1982) definen la tolerancia como la relativa capacidad de un árbol para competir bajo condiciones de escasa iluminación y elevada competencia radicular, mencionan que se ve afectada por la latitud, la intensidad de la luz y la competencia radicular, asimismo señalan que la tolerancia de cualquier especie

será mayor cuando los suelos sean ricos y húmedos y por el contrario las especies pierden tolerancia al tener mayor edad.

Cano (1988) afirma que la tolerancia es un aspecto que da lugar a la composición, a la estructura y a la densidad de los bosques.

Hocker (1984) reconoce dos tipos de tolerancia: a) la tolerancia absoluta, o sea la capacidad de los árboles de sobrevivir en los extremos de un factor particular del sitio, como el calor, el frío, la sequedad o la humedad; y b) la tolerancia relativa, que puede ser definida como la capacidad del árbol para crecer y reproducirse en la sombra y compitiendo con otros árboles; implicándose aspectos fisiológicos y genéticos de una especie.

Vidal e Italo (1959) clasifican la tolerancia por grados; a) especies muy tolerantes, son aquellas que pueden cumplir todo su período evolutivo asociadas con otros árboles, por ejemplo *Abies sp* y *Picea sp*; b) especies intolerantes, son aquellas que no pueden vivir bajo la sombra, por ejemplo *Juniperus sp*; y c)

23

especies intermedias, son aquellas que en la etapa juvenil se benefician con la sombra, pero en la edad adulta exigen buena iluminación, por ejemplo: *Pinus taeda* y *Pseudotsuga menziesii*.

Spurr y Barnes (1982) mencionan que en muchos casos la tolerancia o intolerancia a la sombra puede ser el factor más importante que hay que considerar en el desempeño vegetal en el sotobosque, además reconocen que las especies tolerantes e intolerantes pertenecen a dos sistemas de adaptación complejos y

marcadamente diferentes. Los árboles tolerantes viven durante muchos años como plantas de sotobosque, al liberarlos de la masa arbórea tienen la capacidad de iniciar un crecimiento rápido e inmediato, poseen ramas inferiores más foliadas y de mayor extensión que la de los árboles intolerantes, crecen más rápido en altura y están adaptadas a sitios húmedos protegidos con condiciones fértiles (mesofíticas).

Hocker (1984) menciona que las especies más tolerantes a la sombra parecen requerir niveles altos de humedad y por el contrario, las especies intolerantes a la sombra son más capaces de crecer en sitios secos. Afirma que se pueden hacer mediciones indirectas de la tolerancia de las especies observando su hábito de crecimiento en sitios cerrados; aquellas que pueden mantener una copa viva amplia y presentan un gran número de ramas, son consideradas como tolerantes y las especies que presentan copas

24

vivas pequeñas y pocas ramas son clasificadas como intolerantes. En general menciona que los árboles pioneros son intolerantes, mientras que las especies semitolerantes caracterizan la segunda etapa y las especies tolerantes son los tipos de sucesión última del bosque, y que algunas especies relativamente tolerantes tienen la capacidad para invadir sitios forestales tempranamente en la sucesión.

## **2.6 Estructuras poblacionales**

Kormondy (1985) menciona que una población desde el punto de vista ecológico se compone de tres grupos en lo que se refiere a la edad, y los clasifica en: prerreproductivo, reproductivo y postreproductivo; asegura que estas categorías representadas en estructuras son de gran valor para visualizar el estado de una población y señala que:

a) Una estructura de forma piramidal caracteriza a una población en expansión o de rápido crecimiento, y que en ésta la tasa de natalidad es alta y el crecimiento de la población puede ser exponencial, por lo que cada generación sucesiva será más numerosa que la precedente.

b) Una estructura en forma de una campana caracteriza a una población estabilizada y que en ésta la tasa de crecimiento

25

disminuye y se estabiliza, los grupos de edad prerreproductiva y reproductiva serán cada vez de tamaño más parecido y el grupo postreproductivo seguirá siendo el más pequeño.

c) La estructura que adquiere forma de urna es representativa de una población en vías de extinción y que en ésta la tasa de natalidad disminuye drásticamente.

## **2.7 Diseño de muestreo**

El conocimiento, las actitudes y las acciones del ser humano están basadas en gran parte en muestras; esto es igualmente cierto en la vida cotidiana y en la investigación científica, ya que una

muestra puede producir resultados más exactos que la enumeración completa (Cochran, 1978). Los dasónomos mexicanos han percibido la necesidad de utilizar el muestreo para realizar la cuantificación de los recursos forestales, a fin de obtener de una pequeña parte la información que les permita conocer sus características. No importa que tan conveniente pueda parecer una medición total, existen razones de peso para preferir un muestreo, en primer lugar la medición completa puede parecer imposible, y en segundo lugar el muestreo proporciona información esencial a un costo bastante menor y con mayor rapidez (Villa, 1973; Freese, 1969).

26

En general, cabe mencionar que existen métodos de muestreo, tanto para variables continuas como para variables discretas; el método para la selección de las unidades de muestreo debe elegirse cuidadosamente y este debe ser el más apropiado para cada situación particular (Freese, 1969).

Un diseño de muestreo para variables continuas es el muestreo por conglomerados en dos etapas; mismo que es de interés para el presente trabajo.

### **2.7.1 Muestreo por conglomerados en dos etapas**

El muestreo por conglomerados en dos etapas es una extensión del muestreo por conglomerados; es un procedimiento de muestreo, en el que se divide la población en un número finito de unidades

distintas e identificables, llamadas unidades de muestreo (Esquivel, 1994).

Scheaffer y Mendenhall (1986) mencionan que las unidades más pequeñas en que puede dividirse una población se llaman elementos de la población, y grupos de tales elementos son llamados conglomerados y que un conglomerado frecuentemente contiene demasiados elementos como para obtener una medición de cada uno de ellos, o son tan semejantes que la medición de sólo unos cuantos proporciona información sobre un conglomerado completo;

27

cuando esto ocurre, Cochran (1978) considera que una práctica común es seleccionar y medir una muestra de los elementos en cualquier unidad escogida. Esta técnica se llama submuestreo o muestreo bietápico; ya que la unidad no es medida completamente, sino que es muestreada a su vez.

Sukhatme (1962) afirma que los conglomerados que forman las unidades de muestreo en la primera etapa se llaman unidades de primera etapa, y los elementos o grupos de elementos dentro de los conglomerados que forman las unidades de muestreo en la segunda etapa se llaman subunidades o unidades de segunda etapa.

El muestreo por conglomerados en dos etapas posee ciertas ventajas sobre otros diseños; un marco que enliste todos los elementos de la población puede ser imposible o costoso de obtener y se ocuparía mucho tiempo, mientras que obtener una lista de los conglomerados puede ser fácil; además el costo por obtener los datos puede incrementarse por los costos de viaje si los elementos

muestreados están muy dispersos sobre una gran área geográfica, por lo tanto, muestrear conglomerados de elementos que se encuentran juntos físicamente suele ser económico (Scheaffer y Mendenhall, 1986).

Para seleccionar la muestra por conglomerados en dos etapas se tienen dos condiciones deseables: a) la proximidad geográfica de elementos dentro de un conglomerado; y b) tamaño de

28

conglomerado convenientes para su manejo. Ambas condiciones dependen de si se quiere muestrear pocos conglomerados y muchos elementos dentro de cada uno, o muchos conglomerados y pocos elementos de cada conglomerado, la selección fundamentalmente se basa en los costos (Scheaffer y Mendenhall, 1986).

Al seleccionar una muestra, primero se obtiene un marco que liste todos los conglomerados en la población, posteriormente se selecciona una muestra aleatoria de conglomerados; aunque el submuestreo puede ser combinado con cualquier tipo de muestreo de las unidades primarias, el submuestreo mismo puede emplear estratificación o muestreo sistemático (Scheaffer y Mendenhall, 1986; Cochran 1978). Freese (1969) menciona que puede existir un arreglo sistemático de las unidades secundarias, y señala que las unidades primarias de muestreo pueden ser escogidas al azar, pero en cada unidad las unidades secundarias se arreglan con frecuencia, de acuerdo con un patrón dado, menciona que las estimaciones y los errores se calculan usando la fórmula que se aplica según el método de seleccionar las localidades de los conglomerados.

### **2.7.2 Determinación de la forma y el tamaño de las Unidades Secundarias de Muestreo.**

29

En un muestreo además de la técnica por emplear, un aspecto muy importante que debe definirse es la forma y el tamaño de los sitios, para esto deben considerarse los problemas prácticos que pueden presentarse al hacer las mediciones en el campo, eligiendo sitios que proporcionen mayor eficiencia a un menor costo. Los sitios pueden adoptar formas diversas; comúnmente son cuadrados, circulares o rectangulares. Las parcelas circulares tienen la ventaja de que quedan definidas con una sola dimensión, el radio, pero son difíciles de marcar en lugares con una alta densidad de vegetación, requiriéndose lanzar de 8 a 12 radios en zonas arboladas de densidad relativamente alta, y menos de 8 en densidades menores. En parcelas cuadradas o rectangulares, este inconveniente desaparece, ya que todos sus límites son líneas rectas, aunque los cuadrados son los menos empleados en inventarios forestales porque al delimitarlos en el terreno, es necesario trazarlos mediante rumbos y distancias, el cual muchas veces no cierra en terrenos accidentados, modificándose de esta manera la superficie establecida para el sitio. Por otro lado, los sitios rectangulares cuando son muy anchos originan múltiples dificultades prácticas e imprecisión en su trazo, pero sin embargo cuando son

angostos son muy útiles y fácilmente delimitables, ya que todos sus límites son líneas rectas

30

pudiéndose localizar y trazar por su centro e ir midiendo una distancia a ambos lados para demarcar sus orillas (Husch, 1971; Villa, 1973).

Una norma para elegir el tamaño de la parcela será que contenga un número de árboles representativo, sin que al mismo tiempo sea demasiada extensa, para que no se requiera demasiado tiempo en su levantamiento. Cuando el objetivo es determinar existencias volumétricas, se prefieren sitios de  $1000 \text{ m}^2$ ; y cuando se requieren hacer mediciones u observaciones sobre arbolado de dimensiones menores o sobre repoblado, se usan sitios más pequeños.

En México generalmente se usan sitios de 200 a  $500 \text{ m}^2$  para medir arbolado de dimensiones menores (generalmente las menores dimensiones las constituyen las clases diamétricas de 15 cm y en algunos casos la de 10 cm), para el repoblado se utilizan sitios que van de 80 a  $100 \text{ m}^2$  (Villa, 1973).

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la Sierra Madre Oriental, al Sureste del Estado de Coahuila, en el municipio de Arteaga, particularmente en la exposición Norte de la Sierra denominada La Marta; en lo que corresponde al área incendiada en 1975; cuya localización está delimitada por los paralelos 25°13'44", y 25°11'38" de latitud Norte, y por los meridianos 100°24'58" y 100°21'37" de longitud Oeste (CETENAL, 1978).

La Sierra presenta una altitud máxima de 3700 y una mínima de 2300 m.s.n.m., así como una orientación general Oriente-Poniente (CETENAL, 1978).

La Sierra La Marta se encuentra entre dos regiones hidrológicas; a) La región hidrológica número 37 denominada "El Salado", en la Sierra Madre Oriental, específicamente en la subcuenca San Rafael y b) La región hidrológica número 24 "Bravo - Conchos", Cuenca R. Bravo-San Juan, Subcuenca R. Pilon (DETENAL, 1981). Analizando la información de la estación meteorológica más cercana al área de estudio, la cual se encuentra en San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., ubicado por las coordenadas 25°15'00" latitud Norte y 100°35'00" longitud Oeste y a una altitud de 2138 m.s.n.m. La fórmula climática es  $Cb(x')(wo)(e)g$ ,

que corresponde a un clima templado, subhúmedo con lluvias en verano y escasas durante el año, verano fresco, largo y extremo (García, 1987).

La precipitación media anual es de 498 mm; el período de lluvias comprende del mes de mayo al de octubre, siendo julio el mes con mayor precipitación (79.9 mm), siguiéndole en forma descendente agosto y septiembre, presentándose en marzo la menor precipitación (10.4 mm) (García, 1987).

Respecto de la temperatura se reporta una temperatura media anual de 13.3°C, siendo mayo y junio los meses más calientes (16.1°C) y enero el mes más frío, en el cual se registran temperaturas de 9°C (García, 1987).

La geología de la sierra, en su mayor proporción corresponde al cretácico inferior y al cretácico superior, constituida principalmente por rocas sedimentarias abundando las calizas, siguiéndole asociaciones de caliza y lutita; así como areniscas y conglomerados en menor proporción (INEGI, 1981; DETENAL, 1977). Los suelos que predominan en el área son de tipo litosol y rendzina, presentan una clase textural media en los 30 cm superficiales y también se encuentran suelos de tipo feozem y regosol calcárico en pequeñas áreas (CETENAL, 1977a).

La vegetación de la sierra está compuesta por un bosque que cuenta con tres estratos; las especies que componen el estrato

33

arbóreo de 17 m de altura son: *Abies vejarii*, *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii* y *Picea mexicana*; el

estrato arbustivo está compuesto principalmente por *Quercus pungens* y *Gymnosperma glutinosum* y el herbáceo constituido principalmente por *Bromus sp* (CETENAL, 1977b).

En el área sujeta a estudio ocurrió un incendio de copa severo en mayo de 1975, razón por la cual la vegetación reportada por CETENAL (1977b) ha sido modificada.

Cornejo (1987) en su estudio ecológico y dasonómico del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, en la Sierra La Marta; reconoce que en la sierra se presenta un estrato arbóreo de coníferas, con una altura promedio de 11.47 m que está compuesto por *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus hartwegii*, *Abies vejarii* var. *macrocarpa*, *Cupressus arizonica* y *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*; además un estrato de renuevos de coníferas de las mismas especies que el estrato arbóreo. Menciona que contiguo al bosque se presenta una área en la que se distribuye un matorral esclerófilo compuesto por *Quercus greggii*, *Quercus hypoxantha*, *Garrya ovata*, *Arbutus xalapensis*, *Ceanothus huichagorare*, *Eupatorium saltillense*, *Rhus virens*, *Cercocarpus montanus*, *Populus tremuloides*, *Rhamnus betulifolia* y *Prunus serotina*; con árboles aislados sobre todo en la ladera alta y que comprende una superficie de 1350 ha, señalando que ésta se incendió en 1975 y

34

que anteriormente ahí se distribuía un bosque *Pseudotsuga-Pinus-Abies*.

López (1993) menciona que una fracción de la Sierra La Marta se incendió en 1975, que la vegetación original fue desplazada y

actualmente el área está ocupada por vegetación secundaria esclerófila de origen pírico, constituida por arbustos de 1.5 a 2.2 m de altura compuesta por las especies de *Ceanothus huichagorare*, *Quercus spp*, *Arbutus xalapensis*, *Garrya ovata*, *Arctostaphylos pungens* y elementos subarbóreos de hasta 3.5 m de *Populus tremuloides*; así como tocones de árboles aprovechados después del incendio y restos de árboles en pie consumidos por el fuego.

### **3.2 Recorridos preliminares**

Al iniciar los trabajos fue necesario efectuar un reconocimiento preliminar de campo para tener un conocimiento general del área; realizando para esto un recorrido en Julio de 1995.

Algunos de los objetivos que se cubrieron en esta etapa fueron:

a) Conocer dentro de la extensión de la sierra La Marta el área incendiada, objeto de estudio.

35

b) Conocer las vías de acceso a la región (carreteras, caminos, etc.) y a la propia sierra, tomando en cuenta las condiciones del relieve, la pendiente, la altitud, etc.

c) Realizar una colecta de la vegetación arbustiva y herbácea; así como la observación de los árboles aledaños al área

de estudio, considerándolos como la fuente de semilla más cercana y las especies más probables de encontrar en la regeneración natural.

d) Aprender a identificar las diferentes especies de la repoblación de coníferas observando y comparando las características morfológicas, que hacen posible su diferenciación.

e) Realizar un muestreo sobre la regeneración tomando en cuenta las ventajas y desventajas que ofrece el método de muestreo, tanto para evaluar la regeneración como para conocer la dificultad de los desplazamientos de acuerdo con la densidad de latifoliadas presentes en el área.

f) Establecer y probar los parámetros o atributos de la regeneración por medir, para que durante los recorridos definitivos, los datos por acopiar estuviesen perfectamente especificados; así como la determinación del número de personas que integrarían la brigada de trabajo de campo, de modo que se agilizaran las labores durante el levantamiento de los sitios y

36

que se evitaran pérdidas de tiempo con el consiguiente incremento de los costos.

### **3.3 Fotografías aéreas, cartografía y fotointerpretación**

Las fotografías aéreas utilizadas son las obtenidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), del tipo blanco y negro pancromáticas, formato 23 x 23 cm, con escala media 1:25,000, las cuales corresponden al vuelo de la zona

No.77; utilizándose la línea de vuelo 23 y las fotografías de la 19 a la 23. El material cartográfico empleado en la delimitación del área y en los recorridos de campo consiste esencialmente en la Carta Topográfica producida por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), escala 1:50,000 clave G14-C45 "San Rafael"; apoyándose inicialmente en el plano forestal de la Sierra La Marta presentado por Cornejo (1987), en el cual se puede observar la superficie afectada por el incendio de mayo de 1975.

Antes de iniciar los trabajos de fotointerpretación resultó importante, lograr tener una visión general mediante los recorridos de campo preliminares, de manera que se tuvo una buena referencia sobre el área de estudio. Durante el trabajo de fotointerpretación se estudiaron las características del terreno

37

de mayor interés, tales como las vías de comunicación (carreteras, caminos, etc.), el drenaje (arroyos, o cañadas), la topografía, aspectos de la vegetación y edificaciones (poblados y caseríos); para esto se utilizaron fotografías aéreas, lápices prismacolor y un estereoscopio de bolsillo Casella-London.

### **3.4 Diseño de muestreo**

El diseño de muestreo utilizado es el muestreo por conglomerados en dos etapas, o también llamado muestreo bietápico.

Sobre la carta topográfica y utilizando el plano forestal de la Sierra La Marta escala 1:50000 presentado por Cornejo (1987), en

el cual se indica el área incendiada en 1975, se delimitó la superficie quemada objeto de estudio y con ayuda de un planímetro polar digital se calculó su superficie, la cual corresponde a 1022.25 has. Posteriormente en la carta topográfica, perpendicular a la pendiente, en la ladera baja, lo más cercano o sobre el camino vecinal se trazó una recta con una regla graduada en cm, uniendo los extremos del área, los cuales corresponden a: a) Puerto La Cruz y b) El Renacer de la Sierra. La longitud de la línea fue de 12.4 cm (6.2 km) misma que se seccionó en 62 partes, para después aleatorizar cuatro de esas 62 secciones, las cuales

38

se tomaron como Unidades Primarias de Muestreo (UPM), a partir de las cuales se realizaría el submuestreo. Por cada UPM elegida se ubicaron cuatro o cinco Unidades Secundarias de Muestreo (USM), mismas que se distribuyeron paralelamente con la pendiente, cubriendo así las laderas baja, media y alta de la sierra, distinguiendo una USM de otra mediante el uso de letras.

Este criterio para ubicar las USM se adoptó porque la localización de las unidades de muestreo en el campo, frecuentemente es más fácil y económica, además de que existe la idea de que una muestra deliberadamente diseminada sobre toda la población será más representativa que una muestra aleatoria (Freese, 1969).

### **3.5 Recorridos definitivos**

Los recorridos de campo finales se realizaron en los meses de Junio, Julio y Diciembre de 1996. Los objetivos de estos recorridos fueron:

- a) Localizar en el campo las UPM o conglomerados,
- b) Establecer y delimitar las USM (sitios).
- c) Medir los atributos de la regeneración y caracterizar cada USM.

39

Tanto para el recorrido preliminar como para el definitivo, se emplearon un vehículo, fotografías aéreas, carta topográfica, estereoscopio de bolsillo, cuerdas marcadas para compensación por pendiente, instrumentos de medición y una prensa botánica; la brigada de campo la integraron cuatro personas.

### **3.5.1 Establecimiento y caracterización de las Unidades**

#### **Secundarias de Muestreo en el campo**

Para seleccionar las USM en el terreno se partió de un punto preestablecido en la ladera baja (el cual corresponde al punto aleatorizado de la UPM). Cada sitio se ubicó en forma paralela con la pendiente, siguiendo rumbos y distancias compensados por pendiente; contando con una distancia de 200 m entre una y otra USM dentro de cada conglomerado. El material que se utilizó en esta etapa consistió de la carta Topográfica de escala 1:50,000, fotografías aéreas, cuerdas marcadas para compensar pendiente, brújula, un transportador graduado a 90° y una pistola Haga.

En la caracterización de las USM, se incluyó el número arábigo correspondiente a la UPM, la letra respectiva de acuerdo con la USM, la altitud, la pendiente y la exposición topográfica.

La altitud se midió con un altímetro barómetro Thommen (antes de realizar los recorridos de campo y en un sitio de

40

altitud conocida se calibró el altímetro de manera que las lecturas tomadas posteriormente fueran confiables).

Para medir la pendiente se utilizó la pistola Haga en su escala de por ciento y utilizando una brújula se determinó la exposición topográfica.

### **3.5.2 Forma, tamaño y delimitación de las Unidades Secundarias de Muestreo**

En la realización del presente trabajo se utilizaron sitios de forma rectangular con una superficie de 600 m<sup>2</sup>; considerando que en el área de estudio existe una alta densidad de arbustivas y por lo tanto una gran dificultad para desplazarse dentro de la misma, lo que implica un problema para localizar los individuos de la regeneración y medir sus atributos.

Los sitios de muestreo se ubicaron en forma perpendicular con la pendiente; una vez localizado el punto donde se ubica la USM, se colocó una estaca, dicho punto de localización fue el centro del sitio, a partir de ahí se midieron distancias laterales de 50 m hacia ambos lados. Una vez que el rectángulo fue trazado por el centro se llevó a cabo la medición de la distancia de 3 metros

hacia los extremos para demarcar sus orillas, empleando para ello un longímetro y cuerdas. De esta

41

manera se obtuvo un rectángulo con una superficie de 600 m<sup>2</sup> y con dimensiones de 6 x 100 m.

### **3.6 Información de la regeneración por obtener**

Para reunir la información sobre la regeneración natural se emplearon formatos de registro, consistentes en hojas blancas tamaño carta; en cada formato se registró información de la caracterización del sitio, tal como municipio, localidad, exposición, altitud, pendiente, fecha, UPM a la que pertenece cada USM. A su vez el formato se dividió en 5 columnas, teniendo como encabezado de cada columna el N° (número consecutivo de individuos registrados), la abreviatura de la especie, la altura (m), la edad aparente (años) y la columna de observaciones (Apéndice).

Para identificar la especie del renuevo, se tomaron en cuenta características morfológicas como el tipo de hojas; si son fasciculadas en el caso de *Pinus*; solitarias, cuadrangulares en el caso de *Picea* o lineares en *Abies* y *Pseudotsuga*; además del tamaño, color y rigidez, también se considero la forma de las yemas apical y laterales, así como la presencia o ausencia de resina en las mismas.

Para la medición de la regeneración se tomaron en cuenta aquellos individuos de dimensiones menores, considerando también al repoblado.

La altura de las plantas se midió desde la base hasta la yema apical, utilizando para esto una regla de madera de un metro para los individuos pequeños y un flexómetro de 3 m para los árboles de mayor altura y la edad aparente se estimó contando el número de verticilos.

Se efectuó además una colección de muestras de las especies arbustivas y herbáceas presentes para cada sitio; para posteriormente identificar el material con la ayuda de un taxónomo.

### **3.7 Análisis de la información**

Con la información obtenida sobre la regeneración natural de coníferas se obtuvo la densidad total y absoluta expresada en número de individuos por hectárea; así como la densidad relativa expresada en porciento, utilizando para esto las fórmulas siguientes:

DENSIDAD TOTAL

$$DT = \frac{\text{de individuos en el sitio}}{10\,000} \text{ m}^2/\text{ha}$$

Superficie del sitio (m<sup>2</sup>)

DENSIDAD ABSOLUTA

$$D.A = \frac{\sum \text{de individuos de una especie en el sitio (10 000 m}^2/\text{ha)}}{\text{Superficie del sitio (m}^2\text{)}}$$

DENSIDAD RELATIVA

$$D.R = \frac{\sum \text{de individuos de una especie en el sitio (100)}}{\text{Total de individuos en el sitio}}$$

También se elaboraron estructuras de la comunidad de renuevos de coníferas, así como del repoblado de *Pseudotsuga flahaulti*; en el entendido que para el desarrollo del presente trabajo el análisis estructural se hará obviamente sobre los individuos en edad prerreproductiva, en ausencia de los grupos de edad reproductiva y postreproductiva. Lo anterior con el objeto de lograr destacar como se está dando la reincorporación de nuevos individuos al área.

Se realizó un análisis entre las variables edad-altura de la regeneración natural de coníferas para determinar el grado de correlación, mediante el método de correlación lineal simple.

## **IV RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Vegetación del área incendiada**

En la superficie de estudio ocurren pequeños manchones de arbolado maduro remanente del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* que anteriormente se desarrollaba en el área, distribuyéndose principalmente en la ladera baja y en la cima de la Sierra. Como especies de regeneración natural de coníferas se encontraron: *Pseudotsuga flahaulti*, *Abies sp*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii* y *Pinus culminicola*.

La vegetación secundaria que se desarrolla en el área incendiada de la Sierra La Marta está constituida por especies latifoliadas, arbustivas, herbáceas y algunas gramíneas. Dentro de las especies latifoliadas se encuentran: *Populus tremuloides* y *Salix oxylepis*; el estrato arbustivo se compone principalmente de *Quercus greggii*, *Quercus saltillensis*, *Quercus hintoniorum*, *Ceanothus buxifolius*, *Garrya ovata*, *Arbutus xalapensis*, *Crataegus baroussana*, *Lonicera pilosa*, *Rubus strigosus*, *Simphoricarpos microphyllus*, *Ribes nigrum*, *Sambucus coeruleus*, *Paxistima mirsinites*, *Fendlera bradrensis*, *Holodiscus bicolor* y *Euphorbia fursillata*; el estrato herbáceo está compuesto por *Achillea milleifolium*, *Geranium crenetafiolium*, *Iris misourensis*, *Lupinus*

45

*cacuminis*, *Senecio coahuilensis* y algunas gramíneas como *Bromus anomalis*, *Trisetum deyeuxioides* y *Agropyron trachycaulum*.

Muchas de las especies que se desarrollan en el área incendiada se caracterizan por presentar adaptaciones al fuego y mecanismos de dispersión especializados que explican su mayor

presencia; tal es el caso de *Populus tremuloides*, de quien al respecto, Daubenmire (1982) menciona que puede morir a causa del fuego, pero que a la vez éste estimula sus raíces, retoñando más intensamente a partir de las yemas adventicias que surgen en las raíces horizontales poco profundas ocasionando la formación de arboleadas de esta especie; además igual que la especie *Salix oxylepis* posee diseminulos con pelos que les permiten tengan una amplia dispersión con la ayuda del viento.

Otra especie muy distribuída en el área es *Ceanothus buxifolius*; debido seguramente a las altas cantidades de semilla almacenadas en el suelo después del incendio. (Daubenmire 1982) menciona que su semilla posee una cubierta dura que le impide germinar permaneciendo almacenadas hasta que se queme la vegetación en que se hallan.

De igual manera, otra especie arbustiva ampliamente distribuída es *Quercus spp* que emite brotes basales desarrollados de las yemas adventicias latentes desde el cuello radical formando arbustos multitallos (Spurr y Barnes, 1982). Además

46

posee una corteza gruesa que la hace más resistente al fuego (Daubenmire, 1982).

Respecto de las demás especies arbustivas, herbáceas y gramíneas, su presencia se explica porque es muy probable que sus semillas logren esparcirse a grandes distancias, principalmente con ayuda del viento y los animales.

Daubenmire (1982) menciona que existen especies con diseminulos alados en el caso de *Pseudotsuga menziesii*; diseminulos diminutos en el caso de la familia ERICACEAE y diseminulos con pelos en las familias SENECEAE, SALICACEAE y COMPOSITAE, donde las semillas pueden ser acarreadas a una distancia de varios kilómetros por las corrientes ascendentes. Asimismo menciona que las aves atrapan los diseminulos y los esparcen a mayores distancias, por lo que es común encontrar árboles achaparrados de *Ribes sp* y *Rubus sp* en las áreas quemadas.

#### **4.2 Características fisiográficas de las Unidades Secundarias de Muestreo**

Para obtener la información sobre la regeneración natural de coníferas, durante la etapa de muestreo se realizaron un total de 18 sitios; cuya caracterización fisiográfica se describe en el

47

Cuadro 1. En éste se aprecia como la mayor parte de ellos tienen una marcada exposición topográfica Norte y solo algunos se orientan en dirección Noroeste y en menor parte al Noreste.

Cuadro 1. Caracterización fisiográfica de las USM ubicadas en el área incendiada en 1975 en la Sierra La Marta, Arteaga Coahuila.

UPM	USM	ALTITUD m.s.n.m	EXPOSICION	PENDIENTE %
-----	-----	--------------------	------------	----------------

1	A	2780	NW	36
	B	2845	NW	36
	C	2925	NW	55
	D	3135	N	60
2	A	2810	NE	65
	B	2885	NE	45
	C	2965	N	50
	D	3105	N	60
	E	3225	N	65
3	A	2875	NW	20
	B	2945	N	33
	C	3045	NW	45
	D	3155	N	84
	E	3280	N	92
4	A	2890	N	65
	B	3010	NE	13
	C	3130	N	65
	D	3300	N	75

La altitud en que se localizaron las U.S.M oscila desde 2780 hasta 3135 m.s.n.m en la U.P.M 1; de 2810 m.s.n.m hasta 3225 m.s.n.m en la U.P.M 2; de 2875 hasta 3280 m.s.n.m en la U.P.M 3 y en la U.P.M 4 desde los 2890 hasta los 3300 m.s.n.m.

48

El relieve de la sierra es accidentado, aparece con pendientes que tienden a ser cada vez mayores a medida que se avanza hacia la cima. El máximo valor reportado para las U.S.M. es de 92 % y el mínimo de 13 %.

Dada la marcada exposición Norte presentada en el área de estudio, es de esperarse que ésta tenga mayor humedad en comparación con la exposición Sur; Sin embargo Braun (1979) menciona que en las mayores altitudes donde la radiación es más alta y con baja protección por parte de arbustos existe mayor evaporación del agua. Además la parte incendiada de la Sierra

presenta pendientes pronunciadas que ocasionan una mayor escorrentía del agua y consecuentemente mayor erosión del suelo. Por lo que la posibilidad de desarrollo de las plántulas de árboles en las mayores altitudes con mayores pendientes y escasa vegetación son más bajas que en las menores altitudes, con mayor vegetación y menores pendientes.

#### **4.3 Densidad de la regeneración natural de coníferas**

La densidad promedio de la regeneración natural de coníferas en el área incendiada en 1975 es de 605 individuos/hectárea. Como puede observarse representa menos de la mitad del valor reportado por Cornejo (1987) y menos de la tercera parte del encontrado por

49

Franco (1990), ambos en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* contiguo al área de estudio, los cuales son de 1569 y 2126 ind/ha, respectivamente; se atribuyen estas fuertes diferencias a que en el bosque contiguo hay arbolado productor de conos y semillas, lo que garantiza una mayor repoblación, la cual es reducida en el área quemada porque la disponibilidad de semilla se restringe solo a aquella que es dispersada por el viento, el agua y la gravedad, proveniente principalmente del bosque aledaño y de aquellos individuos maduros remanentes; además de los conos y semillas almacenadas en el suelo después del incendio.

En el área incendiada y casi desprovista de arbolado maduro existe una marcada tendencia a que la densidad absoluta sea mayor

en las menores altitudes, reduciéndose progresivamente hasta estar poco representada y llegar inclusive a no presentarse en algunos sitios de las laderas media y alta de los conglomerados 2 y 3, siendo la excepción el conglomerado 4 (Cuadro 2), el cual presenta sus máximas densidades en la ladera alta de la sierra debido a que muy cerca de éste y a través del gradiente altitudinal se presentan algunos árboles maduros remanentes distribuidos aisladamente entre sí, quienes seguramente son la fuente de semilla más cercana hasta esas altitudes.

El hecho de que en los conglomerados 1, 2 y 3 la densidad de renuevos sea mayor en la parte baja de la sierra se explica

50

porque a esas altitudes es mayor la cantidad de semilla que llega proveniente del arbolado remanente en la cima de la sierra o de aquellos manchones distribuidos muy dispersos sobre la superficie, así como de las áreas aledañas al área de estudio,

**Cuadro 2. Valores de densidad absoluta promedio (D.A =ind/ha) y densidad relativa (D.R=%) de la regeneración natural de coníferas en las USM establecidas en el área incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.**

Sitio	UPM	USM	ESPECIE							
	Densidad absoluta promedio (ind/ha)		<i>Psfl</i>		<i>Absp</i>		<i>Piay</i>		<i>Piha</i>	
			D.A	D.R	D.A	D.R	D.A	D.R	D.A	D.R
1A	750	1300	967	74.38	233	17.92	50	3.85	50	3.85
1B		700	350	50.00	33	4.71	17	2.43	300	42.86
1C		817	717	87.76	0	0	0	0	100	12.24
1D		183	183	100.00	0	0	0	0	0	0
2A	353	1400	267	19.07	0	0	866	61.86	267	19.07
2B		333	67	20.12	0	0	83	24.92	183	54.95
2C		17	0	0	17	100.00	0	0	0	0
2D		0	0	0	0	0	0	0	0	0
2E		17	17	100.00	0	0	0	0	0	0

Sitio	UPM	USM	ESPECIE									
	Densidad abs. promedio (ind/ha)		<i>Psfl</i>		<i>Absp</i>		<i>Piay</i>		<i>Piha</i>		<i>Picul</i>	
			D.A	D.R	D.A	D.R	D.A	D.R	D.A	D.R	D.A	D.R
3A	833	4150	2950	71.08	400	9.64	717	17.28	83	2.00	0	0
3B		17	0	0	0	0	0	0	17	100.00	0	0
3C		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3E		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4A	483	217	167	76.96	50	23.04	0	0	0	0	0	0
4B		67	17	25.37	50	74.63	0	0	0	0	0	0
4C		750	517	68.93	233	31.07	0	0	0	0	0	0
4D		899	550	61.18	183	20.36	0	0	133	14.79	33	3.67

semilla que es dispersada por acción del viento, la gravedad o bien es arrastrada desde las mayores altitudes hasta la ladera baja por el agua.

Además en las menores altitudes ocurre una cubierta vegetal compuesta por arbustivas que propicia condiciones microambientales un tanto más estables.

Mientras que la reducida o nula población en la parte alta de la sierra se atribuye a que en ésta seguramente se ha contado con menores cantidades de semilla de árboles, ocurriendo además condiciones que resultan adversas para la regeneración. Ya que la semilla que llegue a esas altitudes, sea retenida y germine, difícilmente podrá establecerse bajo las condiciones extremas que ahí se suscitan, tales como mayor humedecimiento y a la vez mayor secado, mayor calentamiento y enfriamiento, etc., así como un suelo con roca aflorante y piedra suelta, pendientes pronunciadas de hasta un 92 % e inclusive mayores al 100 %, lo que origina a su vez fuerte erosión que ocasiona pérdida de suelo, desarraigo de plántulas y arrastre de semillas hacia la parte baja; además, se pierde gran parte de la humedad por la casi directa exposición de la regeneración a la alta intensidad luminosa que se recibe en una superficie con una cubierta vegetal compuesta por gramíneas, muy escasas herbáceas y algunas arbustivas de bajo

porte (menos de 50 cm) distribuidas muy esporádicamente sobre el área.

Lo anterior se observa al comparar la densidad absoluta promedio de renuevos de las USM de la ladera baja con las USM de la ladera alta (Figura 1), donde la máxima densidad se presenta en la USM 3A de menor altitud con 4150 ind/ha y de manera contrastante los mínimos valores se dan en las USM de la ladera media a la ladera alta en las USM 2D, 3C, 3D y 3E cuya densidad resultó ser de 0 ind/ha. Mientras que, de manera contrastante Cornejo (1987) encontró que en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, la densidad de renuevos se incrementa de los sitios de menor altitud con densidades desde 928 y 599 ind/ha, hasta 4458 ind/ha en los sitios de mayor altitud; de igual manera, Franco (1990) encuentra sus máximas densidades de renuevos, 3120 ind/ha en los sitios de la ladera alta y los menores valores de 1527 y 1730 ind/ha en la ladera media y baja, respectivamente.

Lo anterior ocurre debido a que en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, en la ladera alta, la densidad de arbolado es mayor que en la ladera baja y como consecuencia la producción de semilla se incrementa, además de que las condiciones ambientales méxicas favorecen la mayor germinación y establecimiento de plántulas, en comparación con la ladera baja donde las condiciones ambientales tienden a ser más secas.

VER ARCHIVO DE HARVARD GRAPHICS 3.0

FIGURA1

En el área incendiada la máxima densidad entre los conglomerados se presenta en el conglomerado 3 con 833 ind/ha y la mínima en el conglomerado 2 con 353 ind/ha (Cuadro 2).

La densidad entre sitios varía considerablemente, con valores absolutos que oscilan entre 0 y 4150 ind/ha, razón por la cual las 18 USM se ordenaron del menor al mayor valor, estableciendo convencionalmente categorías de densidad y agrupando los sitios de cada una de ellas. Resultando de lo anterior cuatro grupos de sitios, mismos que se representan en la Figura 2.

El primer grupo lo constituyen las USM con densidades de renuevos de coníferas muy pobres de 0 a 67 ind/ha , presentándose ocho sitios el 2C, 2D, 2E, 3B, 3C, 3D, 3E y 4B. El valor promedio de densidad absoluta para este grupo es de 14 ind/ha y como puede verse éste representa un valor muy bajo (Cuadro 3), lo anterior debido a que los sitios que integran este grupo se distribuyen más hacia el interior de la sierra donde resulta muy difícil la llegada de diseminulos que propicien la regeneración, además de las consabidas condiciones que imperan en la parte altas de la sierra.

Siete sitios conforman el segundo grupo, integrado por USM con densidades consideradas como de pobre a regular de 183 a 899 ind/ha, perteneciendo a este grupo los sitios 1B, 1C, 1D, 2B,

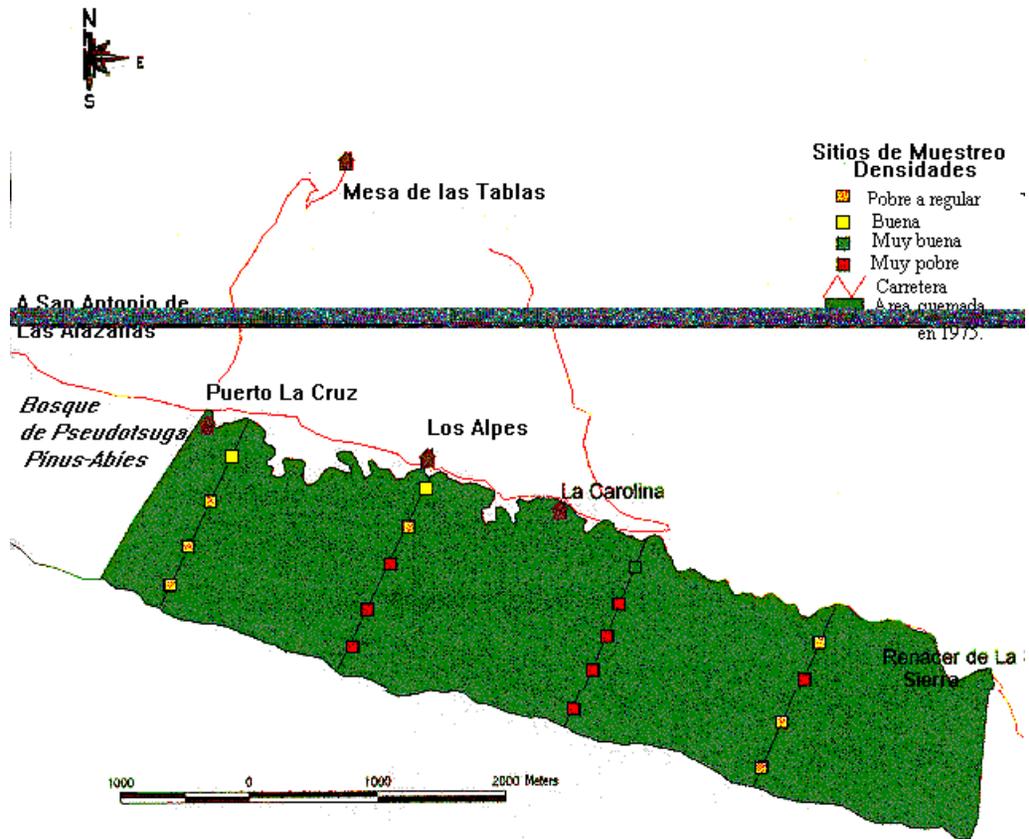


Figura 2. Clasificación de las USM en los diferentes grupos de sitios ordenados de acuerdo a las categorías de densidad, en el área incendiada en 1975 en la Sierra la Marta, Arteaga, Coahuila.

4A, 4C y 4D distribuidas en las laderas baja, media y alta en las UPM 1 y 4, es decir en los extremos Este y Oeste, en la exposición Norte del área quemada de la sierra y cubriendo casi en su totalidad el gradiente altitudinal. Este grupo adquiere un valor promedio de 557 ind/ha mucho mayor que el del primer grupo de 14 ind/ha; atribuyendo esto a que el segundo grupo lo integran sitios localizados en la periferia de la sierra y aún más cerca de la fuente de semilla que los sitios del primer grupo.

El tercer grupo de sitios lo conforman las USM consideradas como con buena densidad de 1300 a 1400 ind/ha; compuesto por dos sitios, el 1A y el 2A, ambos localizados en las menores altitudes de la sierra. El valor promedio de esta agrupación es de 1350 ind/ha. En el cuarto grupo entran las USM con muy buena densidad, superior a 4000 ind/ha constituyendo este grupo solo el sitio 3A de menor altitud del conglomerado 3 la que presenta una densidad de 4150 ind/ha. Estos dos últimos grupos de sitios localizados en la ladera baja, presentan mejores promedios de densidad al ubicarse muy cerca de la fuente de semilla; tal es el caso de la regeneración de la USM 3A que crece bajo un grupo de coníferas maduras, enfatizando además que en la ladera baja las condiciones microambientales son más estables, favoreciendo el mejor establecimiento de la regeneración.

Cuadro 3. Valores promedio de Densidad absoluta (ind/ha) y relativa (%) de la regeneración natural de coníferas, en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con las categorías de densidad.

<b>Especies dominantes</b>	<b>Absp/Psfl</b>		<b>Psfl/Piha</b>		<b>Psfl/Piay</b>		<b>Psfl/Piay</b>	
<b>N°Sitios/grupo</b>	<b>8</b>		<b>7</b>		<b>2</b>		<b>1</b>	
<b>Densidad promedio (ind/ha)</b>	<b>14</b>		<b>557</b>		<b>1350</b>		<b>4150</b>	
<b>Especies</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>
<i>Psfl</i>	4	28.57	364	65.35	617	45.70	2950	71.08
<i>Absp</i>	8	57.14	71	12.75	117	8.67	400	9.64
<i>Piay</i>	0	0	15	2.69	458	33.93	717	17.28
<i>Piha</i>	2	14.29	102	18.31	158	11.70	83	2.00
<i>Picul</i>	0	0	5	0.90	0	0	0	0

Al comparar la densidad promedio de la regeneración de coníferas en los grupos de sitios (Cuadro 3) se puede observar que las USM que integran el tercer y cuarto grupo, localizadas en la ladera baja, son las que tienen mayor potencialidad de regeneración al representar densidades mayores de 1300 ind/ha. Del segundo grupo integrados por siete sitios, se consideran cuatro con potencialidad regular al tener más de 700 ind/ha, a saber el 1B, 1C, 4C Y 4D; mientras que el resto de los sitios de este grupo sumándoles los correspondiente del primero poseen una potencialidad que va de muy baja a nula.

Analizando la composición de especies de los grupos de sitios con potencial y densidades superiores a los 700 ind/ha (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de densidad absoluta y relativa de la regeneración de coníferas en los grupos de sitios ordenados de acuerdo con su potencialidad de regeneración natural.

<b>POTENCIALIDAD</b>	<b>Regular</b>		<b>Buena</b>		<b>Muy buena</b>	
<b>Densidad absoluta promedio (ind/ha)</b>	<b>791</b>		<b>1350</b>		<b>4150</b>	
<b>Especie</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>	<b>D.A</b>	<b>D.R</b>
<i>Ps fl</i>	534	67.50	617	45.70	2950	71.08
<i>Piay</i>	4	0.51	458	33.93	717	17.28
<i>Piha</i>	133	16.82	158	11.70	83	2.00
<i>Absp</i>	112	14.16	117	8.67	400	9.64
<i>Picul</i>	8	1.01	0	0	0	0

se refleja como en el grupo de sitios con potencialidad regular localizados en mayores altitudes e integrado por las cinco especies encontradas en el área de estudio, la especie medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* (*Psfl*) aparece con la mayor densidad absoluta (D.A) de 534 ind/ha, seguida por la intolerante *Pinus hartwegii* (*Piha*) quien aparece como la segunda especie con la segunda mayor D.A 133 ind/ha, presentando el menor valor la especie tolerante *Pinus ayacahuite* (*Piay*) con 4 ind/ha.

En el grupo con buena potencialidad de regeneración, mayor densidad y localizado a menor altitud, *Psfl* incrementa su densidad absoluta a 617 ind/ha, de igual manera *Piha* a 158 ind/ha; no obstante estas especies pierden dominancia, ya que sus densidades relativas (D.R) disminuyen de 67.50 a 45.70 % en *Psfl* y de 16.82 a 11.70 % en *Piha*, del grupo con potencialidad regular al grupo con buena potencialidad, debido a que en este último la

tolerante *Piay* incrementa considerablemente su D.A de 4 a 458 ind/ha y de 0.51 a 33.93 % su D.R. Mientras que en este grupo *Absp* es la especie con la menor D.A 117 ind/ha (8.67 %).

En el grupo de sitios con muy buena potencialidad la D.A de *Psfl* representa más del 70 % del total, apareciendo en éste con su máxima D.A de 2950 ind/ha, seguida por *Piay* quien se conserva como en el segundo grupo de sitios con buena potencialidad como la segunda especie con la segunda mayor densidad de renuevos; en este grupo la especie tolerante *Absp* incrementa en buena parte su D.A a 400 ind/ha; sin embargo la intolerante *Piha* es la especie menos representada en el grupo, apareciendo en éste con el menor valor reportado para su especie en los diferentes grupos de sitios; el cual es de 83 ind/ ha.

Resulta evidente la dominancia de *Psfl* sobre las demás especies en todos los grupos de sitios , dada su mayor adaptación a las condiciones prevalecientes en la ladera baja, debido a que ésta

se encuentra mayormente representada en el arbolado maduro remanente del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* y por consiguiente

se considera que es mayor la producción de semilla 61 de esta especie sobre las otras, además de que está caracterizada por representar estados sucesionales intermedios y ser medianamente tolerante, por lo que es capaz de sobrevivir bajo un sotobosque denso, lo que implica escasa intensidad luminosa y alta competencia radicular presentes en la ladera baja, razón por la cual resulta ser la especie dominante en esas altitudes. Sin embargo en los sitios de mayor altitud, bajo condiciones abiertas que ocasionan

cambios ambientales extremos, los que en conjunto no son adecuados para una buena germinación y sobrevivencia de la regeneración, *Psfl* reduce notablemente sus valores de densidad, pero siempre conservándose como la especie dominante del área, porque en forma general la exposición Norte en que se localiza el área incendiada propicia condiciones microambientales que aunque sean variables la hacen ser la especie más adaptada.

La presencia de *Piay*, especie que aparece como la segunda con la mayor densidad en la ladera baja, se explica en términos de que la semilla de ésta por ser grande y pesada y que no logra diseminarse por acción del viento a grandes distancias, se encontraba almacenada en el suelo después del incendio en las menores altitudes como consecuencia del arrastre de las mismas principalmente por medio del agua y la gravedad ya que en el estudio realizados por Cornejo (1987) en el bosque de

62

*Pseudotsuga-Pinus-Abies*, se demuestra que esta especie en su estrato arbóreo solo está representada en la ladera alta, donde las condiciones son más mésicas; mencionando él que su respectivo estrato de renuevos aparece con mayor densidad en las mismas altitudes, llegando a ser nulo en la ladera baja. Los anteriores resultados son similares a los reportados por Franco (1990), donde reitera que la población de *Piay* en su estrato de renuevos, se distribuye en los sitios de mayor altitud, con la diferencia que él no encuentra en su estudio, arbolado maduro de la especie. Esta especie, igual que la de *Absp*, poseen la capacidad de sobrevivir

bajo condiciones de severo sombreado y excesiva competencia radicular presentes en la ladera baja; sin embargo, requiere de mayores condiciones de humedad que probablemente no se presenten en estos sitios por lo cual se encuentra menos representada; sin descartar que sea menor la producción de semillas de estas especies que la de *Psfl*, lo que explica que no sean éstas las que dominen en el denso sotobosque donde su capacidad de colonización es mayor que la de la especie medianamente tolerante *Psfl* y mucho menos en la ladera alta donde las condiciones ambientales prevalecientes tienden a ser más inestables así como la mayor presencia de luz que se recibe en esas altitudes, donde *Piha*, especie intolerante y característica de estados sucesionales tempranos adquiere sus mayores

63

densidades, al ser una especie que necesita de condiciones un tanto más secas presentes en esas superficies; limitando su establecimiento, tanto en esta especie como en las demás las condiciones topográficas y ambientales prevalecientes en esas altitudes. Sus bajas densidades en el grupo de mayor densidad y muy buena potencialidad se explica por su intolerancia al sombreado; además de que la producción de semilla de esta especie se ve limitada al resultar afectada por la alta infestación de roya en los conos.

Por último la presencia de *Pinus culminicola* se restringe sólo a las partes más elevadas de la sierra; ya que durante la etapa de muestreo se localizó únicamente en un sitio con altitudes

superiores a los 3300 m.s.n.m, donde se encuentran condiciones ambientales óptimas para su establecimiento, tales como suelos delgados y bajas temperaturas.

#### **4.4 Estructura**

La altura promedio de la regeneración natural de coníferas es de 0.88 m, presentando una altura máxima de 4.50 m y una mínima de 3 cm; los promedios entre conglomerados oscilan desde el valor más pequeño que es de 0.84 m en el conglomerado 2, hasta 1.45 m en el conglomerado 1 (Cuadro 5).

64

Los valores promedio de altura de las especies reflejan que la especie con mayor promedio es la tolerante *Absp* con 1.21 m, apareciendo con el mínimo de 0.64 m la tolerante *Piay*, correspondiendo los valores intermedios de 0.98 m y 0.76 m a la especie medianamente tolerante *Psfl* y a la intolerante *Piha* respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 5. Valores de altura promedio (m) de la regeneración natural de coníferas en las USM establecidas en el área incendiada en 1975 en La Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.

Sitio	UPM	USM	ESPECIE			
			<i>Psfl</i>	<i>Absp</i>	<i>Piay</i>	<i>Piha</i>
			Altura promedio ( m )			
1A	1.45	1.49	1.48	1.65	1.48	1.13
1B		0.51	0.51	0.39	0.20	0.56
1C		1.85	1.92	0	0	1.38
1D		1.95	1.96	0	0	0
2A	0.84	0.39	0.45	0	0.35	0.46
2B		1.05	0.80	0	1.38	1.00
2C		0.31	0	0.31	0	0
2D		0	0	0	0	0
2E		1.60	1.60	0	0	0

Sitio	UPM	USM	ESPECIE				
			<i>Psfl</i>	<i>Absp</i>	<i>Piay</i>	<i>Piha</i>	<i>Picul</i>
			Altura promedio (m)				
3A	0.94	0.78	0.69	1.37	0.86	0.71	0
3B		1.10	0	0	0	1.10	0
3C		0	0	0	0	0	0
3D		0	0	0	0	0	0
3E		0	0	0	0	0	0
4A	1.02	0.78	0.76	0.88	0	0	0
4B		1.54	2.87	1.11	0	0	0
4C		1.03	1.00	1.10	0	0	0
4D		0.70	0.66	0.82	0	0.84	0.45

Cuadro 6. Valor general promedio de altura(m) de las especies.

<b>ESPECIE</b>	<b>ALTURA PROMEDIO (m)</b>
<i>Absp</i>	<b>1.21</b>
<i>Psfl</i>	<b>0.98</b>
<i>Piha</i>	<b>0.76</b>
<i>Piay</i>	<b>0.64</b>

La repoblación en general, presenta una estructura piramidal (Figura 3), donde resulta evidente que el 44.94% de los individuos corresponden a aquellos con menos de 50 cm de altura, distribuyéndose gradualmente el resto de la población en las demás categorías, hasta estar pobremente representados aquellos con más de 3.0 m; lo que indica que en la comunidad de renuevos de coníferas la mayor parte de la densidad corresponde a individuos jóvenes, quienes con el paso del tiempo se empiezan a reducir en número como consecuencia de los diversos agentes selectivos, quedando así una reducida comunidad con individuos de mayores alturas; mismos que son representados en la parte superior de la pirámide, en las categorías mayores. Sin embargo no debe omitirse que la condición anterior no caracteriza por completo el área quemada, puesto que ésta exhibe amplias superficies, sobre todo en la parte alta de la sierra, donde seguramente apenas se están creando condiciones apropiadas para el establecimiento de la regeneración.

VER ARCHIVO FIGURA3.CH3

La estructura piramidal de la regeneración natural se deriva de las U.P.M. (Apéndice), quienes ejercen una fuerte influencia sobre la misma; asimismo en éstas los individuos mayores de 3.0 m no están representados, o si lo están sólo es en forma escasa.

Las U.P.M 1 y 4 adoptan una forma de campana, mientras que las U.P.M. 2 y 3 adoptan forma piramidal.

Por lo que respecta a la edad aparente de la regeneración, ésta presenta un promedio de 5 años, con un máximo de 19 y una edad mínima de 1 año. El conglomerado o UPM con mayor edad promedio de 8 años es el 4 y el que adquiere el menor valor de 4 años es el conglomerado 3 (Cuadro 7).

Al analizar la edad promedio de las especies, se observa que *Absp* es la que cuenta con el mayor valor promedio de 8 años, lo que indica que tiene mayor tiempo de establecida, seguida a su vez por *Psfl* y apareciendo *Piha* y *Piay* con la menor edad promedio de 4 años (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valor general promedio de edad aparente (años) de las especies.

ESPECIE	PROMEDIO (años)
<i>Absp</i>	8
<i>Psfl</i>	6
<i>Piha</i>	4
<i>Piay</i>	4

Cuadro 7. Valores de edad promedio (años) de la regeneración natural de coníferas, en las USM establecidas en el área incendiada en 1975 en la Sierra La Marta, Arteaga, Coah.

Sitio	UPM	USM	ESPECIE			
			<i>Psfl</i>	<i>Absp</i>	<i>Piay</i>	<i>Piha</i>
Edad aparente promedio ( años)						
1A	6	9	9	9	7	5
1B		3	4	4	1	3
1C		6	7	0	0	4
1D		7	7	0	0	0
2A	5	3	3	0	3	3
2B		5	4	0	7	4
2C		4	0	4	0	0
2D		0	0	0	0	0
2E		8	8	0	0	0

Sitio	UPM	USM	ESPECIE				
			<i>Psfl</i>	<i>Absp</i>	<i>Piay</i>	<i>Piha</i>	<i>Picul</i>
Edad aparente promedio (años)							
3A	4	5	5	8	5	3	0
3B		3	0	0	0	3	0
3C		0	0	0	0	0	0
3D		0	0	0	0	0	0
3E		0	0	0	0	0	0
4A	8	7	6	9	0	0	0
4B		11	11	10	0	0	0
4C		7	7	7	0	0	0
4D		6	6	8	0	5	5

La estructura general para esta variable adopta forma de campana (Figura 4) y en ésta se refleja que la regeneración natural de coníferas se ha establecido en más de un 80% en los últimos 8 años y a partir de esta edad son cada vez menos el número de individuos establecidos, hasta alcanzar el mínimo porcentaje de un 0.15% en aquellos de 19 años. Lo anterior debido a que el incendio eliminó el bosque que anteriormente se desarrollaba en el área y consecuentemente la fuente de semilla; además es muy seguro que se hayan perdido nutrientes por volatilización y suelo por erosión, propiciando así condiciones inapropiadas para el establecimiento y desarrollo de las coníferas, por lo que con el transcurso del tiempo resultó inminente la llegada de especies vegetales arbustivas, herbáceas y gramíneas, quienes han estado creando condiciones microambientales más estables y factibles para el establecimiento de la regeneración.

De igual manera en las estructuras de las UPM (Apéndice), el grueso de la población se concentra en los individuos menores de 8 años, excepto en el conglomerado 1 que presenta un buen porcentaje de individuos con 9 a 10 años, pero a partir de esta edad son pocos los individuos que representan mayores edades, quedando inclusive en las UPM algunas categorías sin estar representadas principalmente aquellas de 17 a 19 años.

VER ARCHIVO:figura4. CH3

Al comparar los valores promedio de altura y edad de las especies (Cuadros 6 y 8), se observa que la especie con mayor tiempo de establecida es *Absp*, seguida por *Psfl*, quién resulta igual que *Piha* con valores intermedios para las dos variables; sin embargo *Psfl* con mayor promedio de edad después de *Absp* presenta mayor altura que *Piha*, debido a que *Psfl* por ser medianamente tolerante tiene la capacidad de sobrevivir bajo un severo sombreado, pero debido a la alta competencia que generan estas condiciones tiende a crecer más en altura para alcanzar la luz, ocurriendo lo mismo con las especies tolerantes, lo que puede explicar que *Absp* sea la especie con mayor altura.

El que existan grandes diferencias entre las especies tolerantes *Absp* y *Piay* al obtener los valores más altos la primera especie y lo más bajos la segunda, se puede atribuir fundamentalmente a la diferencia de edades entre una y otra.

En los grupos de sitios ordenados de acuerdo con su potencial de regeneración (Cuadro 9), el mayor promedio de altura que es de 1.02 m se presenta en el grupo de sitios con potencial de regeneración regular ubicados en mayores altitudes y donde domina la medianamente tolerante *Psfl* característica de estados sucesionales intermedios y la intolerante *Piha* característica de estados sucesionales tempranos, quienes exhiben los mayores promedios de altura, apareciendo con valores de 1.02 y 0.93 m.

Cuadro 9. Valores promedio de altura y edad aparente de las especies en los grupos de sitios, ordenados de acuerdo con su potencial de regeneración natural.

Valores promedio de altura (m)

POTENCIAL	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
ESPECIE	P R O M E D I O (m)		
	1.02	0.94	0.78
<i>Psfl</i>	1.02	0.97	0.69
<i>Piay</i>	0.20	0.92	0.86
<i>Piha</i>	0.93	0.80	0.71
<i>Absp</i>	0.77	1.65	1.37
<i>Picul</i>	0.45	0	0

Valores promedio de edad (años)

POTENCIAL	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
ESPECIE	P R O M E D I O (m)		
	6	6	5
<i>Psfl</i>	6	6	5
<i>Piay</i>	1	5	5
<i>Piha</i>	4	4	3
<i>Absp</i>	6	9	8
<i>Picul</i>	5	0	0

respectivamente; sin embargo son las especies tolerantes *Absp* y *Piay* quienes tienen menor altura promedio en este grupo, debido a que las condiciones extremas y de mayor luminosidad que permanecen en estos sitios, no se consideran las óptimas para ellas.

Por el contrario, en los grupos de sitios de la ladera baja, donde es mayor la densidad de arbustivas y por lo tanto la

competencia, resulta ser *Absp*, especie característica de estados sucesionales avanzados, la especie de mayor altura, apareciendo en estos grupos con valores de 1.65 y 1.37 m, dado que esta especie crece más en altura al encontrarse bajo una cubierta vegetal densa.

Mientras tanto al comparar la edad promedio de las especies, en el grupo con potencial regular, se encuentra que *Absp* es la especie con mayor tiempo de establecida apareciendo con 8 y 9 años de edad como promedio y aunque *Piha* debería aparecer como la especie pionera por su calidad de especie intolerante característica de estados sucesionales tempranos es quien tiene menor promedio de edad de 3 y 4 años, atribuyendo esto a que algunos sectores de la sierra, principalmente los más elevados quedaron sumamente afectados por lo que resultó muy difícil que la regeneración de coníferas, sobre todo la de la intolerante *Piha* lograra establecerse, aunado a esto una baja disponibilidad de semilla cuya producción pudo ser afectada por enfermedades como la roya del cono que ha dañado notablemente los árboles semilleros de *Piha*; por lo que es razonable que la vegeración de sotobosque principalmente *Ceanothus sp* y *Quercus sp* llegaran a colonizar y dominar las partes bajas y medias de la sierra, creando así mejores condiciones microambientales, aunque también

generando cada vez más una fuerte competencia radicular y severo sombreado donde solo especies tolerantes y medianamente tolerantes pudieron establecerse mientras que la intolerante *Piha*

ocurre sólo en pequeñas densidades aprovechando algún espacio abierto.

Analizando las estructuras para las variables (edad y altura) en los grupos de sitios (Figuras 5 y 6) se observa que en el grupo de sitios con potencialidad regular para la edad se presenta una estructura en forma de urna, en donde se nota una marcada reducción en la tasa de natalidad, puesto que ésta disminuye drásticamente, debido a que esta población se localiza en mayores elevaciones donde se dan una serie de condiciones que resultan adversas; en primer lugar en las partes más altas se dan fuertes pendientes que ocasionan mayor erosión y como consecuencia se presenta roca aflorante y por lo tanto condiciones ambientales extremas que afectan la regeneración; y en segundo lugar en los sitios de la ladera media, se presentan especies de hojosas en densidades muy altas que generan grandes acumulaciones de hojarasca que impide que las raicillas de las plántulas penetren en el suelo mineral y mueran por desecamiento en períodos de sequía. En general, esta comunidad no presenta individuos con más de 15 años, pero más del 50 % corresponde a aquellos entre 5 y 8 años. En este grupo la estructura por categorías de altura corresponde a una campana, representada en

75

todas sus categorías, pero con más del 50 % de la población con menos de 1 m de altura.

VER ARCHIVOS:figura5. CH3

y FIGURA6.CH3



En cuanto se refiere a las estructuras del grupo con buena potencialidad, éstas adquieren forma piramidal, constituidas en su mayor parte por individuos jóvenes que cada vez se producen en mayor cantidad, compensando así la pérdida de individuos de mayor edad a causa de la selección natural; la estructura de edades muestra como el número de individuos con mayor edad cada vez es menor y como cada 3 ó 4 años se presentan incrementos en la población, atribuyendo esto al resultado de la producción de semillas en años semilleros, la cual se produce en mayor abundancia durante un cierto período de años, variando el número de éstos para cada especie.

En este mismo grupo los individuos mayores de 50 cm de altura son poco comunes, puesto que poco más del 50% se distribuye entre aquellos de 0 a 50 cm.

Por último en el grupo de sitios con muy buen potencial de regeneración localizado en las partes bajas de la sierra, la estructura de edades indica que se trata de una comunidad con el 84.3 % de los individuos con edades inferiores a los 8 años y que igual que en el grupo con buen potencial, las estructuras por categorías de altura asemejan una pirámide, donde más del 50% son individuos menores de 50 cm de altura.

Al comparar la forma que adoptan las estructuras de la comunidad para las diferentes variables, en los grupos de sitios

localizados a menores altitudes, con las estructuras del grupo de sitios localizados a mayores elevaciones podemos hacer hincapié en la importancia que demuestran tener las especies arbustivas, como formadoras de suelo y fijadoras de Nitrógeno en el caso de *Ceanothus sp*, quienes crean además condiciones ambientales un poco más estables que permiten que la regeneración se establezca siempre y cuando haya disponibilidad de semilla.

#### **4.5 Estructura de la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti***

La forma piramidal que adopta la estructura general por categorías de altura de la regeneración de *Psfl* (Figura 7) nos indica que en ésta el 42.86% de la población corresponde a individuos con menos de 50 cm de altura, manifestándose posteriormente en las demás categorías notables reducciones, hasta estar representada solo con un 0.25% en la categoría de individuos con más de 4.0 m; reflejándose de ésta manera la acción que ejerce la selección natural sobre los individuos, donde solo una parte de la población original logra sobrevivir a los diversos agentes causantes de la mortandad; puesto que una vez ocurrida la germinación de semillas, aunque ésta sea muy numerosa, existe alta vulnerabilidad de las plántulas al ser más suculentas y presentar demoras en el desarrollo de su follaje,

79

por lo que están más expuestas a las fuerzas ambientales selectivas, como variaciones de humedad, luz y temperatura.

VER ARCHIVO :FIGURA7.CH3

Además, Spurr y Barnes (1986) mencionan al respecto que la temperatura del suelo en áreas quemadas se incrementa de 3°C a 16°C debido a que el material carbonizado y ennegrecido absorbe mejor la radiación que en los materiales no quemados causando así mayor mortandad y retraso en el desarrollo forestal.

Aún sin embargo en la estructura poblacional se refleja que existe un buen número de individuos reincorporados, quienes reemplazarán a aquellos que por diversas condiciones han muerto, atribuyendo lo anterior a que se supone existe mayor producción de semilla de esta especie que contribuye a la mayor producción de individuos jóvenes que garantizan su permanencia ante las condiciones prevalecientes en el área, las cuales pueden llegar a ser restrictivas para otras especies.

#### 4.6 Análisis de correlación edad-altura para las especies de la regeneración.

Se hizo un análisis de correlación lineal simple para conocer la relación entre las variables edad-altura (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores de correlación entre las variables edad-altura de la regeneración natural de coníferas.

VARIABLE	EDAD-ALTURA		
	r	r <sup>2</sup>	a
ESPECIES	0.77	0.59	0.0001
Psfl	0.75	0.56	0.0001
Absp	0.81	0.66	0.0001
Piay	0.86	0.74	0.0001
Piha	0.63	0.40	0.0001

Al analizar el grado de correlación entre la edad y la altura de la regeneración natural de coníferas, se observa que esta es altamente significativa ( $a = 0.0001$ ), apareciendo con un valor de  $r = 0.77$  que nos indica que a la medida que la edad de los individuos se incrementa, se espera que estos tengan también mayor altura; su valor de  $R^2 = 0.59$  señala que el crecimiento en altura depende en un 59 % de la edad que tenga la regeneración, puesto que se trata de un fenómeno biológico donde la longitud de

la planta se incrementará como resultado de cada crecimiento anual y acumulativo a través de los años, mientras que la parte restante del porcentaje puede atribuirse a la tolerancia de las especies, puesto que éstas reaccionan de manera distinta ante las diferentes intensidades de luz.

Asimismo, los valores de correlación para cada especie y para las mismas variables resultan altamente significativos y fuertemente correlacionados.

A 21 años de ocurrido el incendio, se encontró que las especies de coníferas que constituyen la regeneración natural son: *Pseudotsuga flahaulti*, *Abies sp*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii* y *Pinus culminicola*.

La densidad promedio de la regeneración natural de coníferas en el área incendiada de la Sierra La Marta es de 605 ind/ha, la cual se considera como baja, puesto que en estudios precedentes realizados en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* contiguo al área de estudio, se reportan densidades de renuevos más altas de 1569 y 2126 ind/ha.

La repoblación de coníferas, en general manifiesta buenas densidades en aquellas superficies aledañas al bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*, así como en aquellas áreas con arbolado maduro remanente del incendio.

El análisis de los sitios con base en su densidad absoluta, permitió destacar que las áreas de menor altitud poseen mayor potencial, ya que los valores promedio de densidad en éstas son de 1350 y 4150 ind/ha, mientras que de manera contrastante en las mayores altitudes la densidad promedio se reduce a 791 ind/ha, resultando inclusive amplios sectores sin regeneración.

La comunidad de renuevos de coníferas presentan una edad promedio de 5 años y una altura promedio de 0.88 m; la estructura general de edades refleja que más del 80% de los individuos se establecieron en los últimos 8 años; mientras que la estructura por categorías de altura indica que el 44.9% de los individuos tiene alturas menores de 50 cm.

En las mayores altitudes la regeneración natural de coníferas presenta una edad promedio de 6 años y el mayor valor de altura promedio de 1.02 m, como consecuencia de una mayor

distribución de *Pseudotsuga flahaulti* y de *Pinus hartwegii*, quienes a la vez consiguen los más altos promedios en comparación con *Abies sp* y *Pinus ayacahuite*; mientras que en las menores altitudes la edad promedio resulta de 5 y 6 años y de manera contrastante los valores de altura son más bajos, apareciendo con promedios de 0.94 y 0.78 m atribuyendo esto a que *Pseudotsuga flahaulti* está más representada en densidad y por lo tanto se reflejan más sus valores que están por debajo que el presentado por la especie tolerante *Abies sp* que consigue mayor promedio de altura de 1.37 y 1.65 m, al tratar de alcanzar la luz al desarrollarse bajo altas densidades de arbustivas.

*Pseudotsuga flahaulti* es la especie mejor adaptada a las variadas condiciones microambientales en las diferentes altitudes; esta población manifiesta una estructura por categorías de altura de contorno piramidal, donde se refleja que el 42.86% de los individuos presentan menos de 50 cm de altura.

El estado sucesional en que se encuentran las superficies de mayor altitud se pueden caracterizar como en las primeras etapas de la sucesión; dado a que en cuatro de los sitios estudiados y localizados en mayores altitudes se encontraron densidades de renuevos de 0 ind/ha, distribuyéndose en estos únicamente especies herbáceas y gramíneas, lo que indica que en amplios sectores de la parte alta de la sierra aún no se reúnen las condiciones apropiadas para el establecimiento de la regeneración de coníferas; no obstante, en otros sitios también ubicados en la parte alta de la sierra se distribuye la especie intolerante *Pinus hartwegii*, característica de estados sucesionales tempranos así como la medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti* que caracteriza estados sucesionales intermedios .

En tanto que en las menores altitudes se puede decir que la sucesión es más avanzada, puesto que existe mayor diversidad de especies, principalmente arbustivas, quienes generan condiciones microambientales más estables, que propician una mayor

distribución de la regeneración de especies de coníferas que se benefician con mayor sombreado, como son la medianamente tolerante *Pseudotsuga flahaulti*, seguida por las tolerantes características de estados sucesionales más avanzados *Pinus ayacahuite* y *Abies sp.*

La vegetación secundaria que es más densa en las menores altitudes, adquiere un papel muy importante en el establecimiento de la regeneración natural de coníferas, puesto que actúa creando buenas condiciones para que las coníferas colonicen el área, tales como formación de suelo y fijación de Nitrógeno en el caso de *Ceanothus sp.*, además de proporcionar condiciones microambientales más estables.

Existe una fuerte correlación altamente significativa ( $\alpha = 0.0001$ ) entre las variables edad-altura de la repoblación de coníferas, apareciendo con valores de  $r = 0.77$  y  $R^2 = 0.59$ .

## **VI RECOMENDACIONES**

Ante la baja densidad de regeneración presentada en el área incendiada de la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila, se recomienda desarrollar actividades de reforestación, principalmente en las mayores altitudes de la sierra, puesto que

ésta representa la superficie más afectada y desprovista de vegetación; empleando para ésto especies propias de la región.

Controlar los fuertes disturbios antropogénicos ocasionados por la apertura de caminos; así como evitar el derribo y saqueo de renuevos de coníferas.

Con la finalidad de conocer el efecto que causa la roya de los conos sobre la producción de semilla se recomienda evaluar el grado de infestación en *Pinus hartwegii*, en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* aledaño y proponer alternativas para su control o completa erradicación.

Emprender investigaciones sobre la calidad del banco de semilla en el área afectada por el incendio, con la finalidad de examinar el papel que están jugando tanto en la regeneración natural de las coníferas, así como en otras especies; asimismo realizar un análisis de laboratorio o pruebas de germinación para conocer la viabilidad de las semillas.

Realizar estudios sobre la fauna silvestre que habita actualmente en el área.

Emprender un estudio a detalle sobre la sucesión vegetal, que se está dando actualmente en el área; estableciendo para ello

sitios permanentes de medición, con la finalidad de poder comparar los cambios de la vegetación en períodos subsecuentes.

Estudiar la influencia que ejerce la vegetación secundaria sobre la regeneración natural de coníferas.

Realizar estudios de adaptación de especies de coníferas en áreas degradadas, probando principalmente con especies nativas; para así ofrecer algunas alternativas de especies susceptibles de utilizar al emprender algún programa de reforestación.

Evaluar el impacto ambiental que ocasionan los incendios al bosque en áreas recientemente quemadas; estimando la pérdida de materiales por volatilización, así como el efecto de los incendios sobre la infiltración, la escorrentía y la pérdida de suelo por erosión.

Emprender acciones inmediatas para regenerar los bosques una vez presentados los siniestros y no dejar transcurrir el tiempo donde seguramente las condiciones microambientales no sean las más apropiadas para el establecimiento y el crecimiento de las coníferas.

## **VII RESUMEN**

Se hizo un estudio para evaluar la regeneración natural de coníferas en el área incendiada en 1975, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coahuila.

El diseño de muestreo utilizado es el muestreo por conglomerados en dos etapas; eligiendo cuatro Unidades Primarias de Muestreo (U.P.M.) en forma aleatoria. Por cada U.P.M se submuestrearon de cuatro a cinco Unidades Secundarias de Muestreo (U.S.M), las que se distribuyeron en forma sistemática a través

del gradiente altitudinal, siguiendo rumbos y distancias compensadas por pendiente; utilizando unidades de segunda etapa (U.S.M.) de forma rectangular, con superficie de 600 m<sup>2</sup> y dimensiones de 6 X 100 m.

A 21 años de ocurrido el incendio se encontraron como especies de regeneración a: *Pseudotsuga flahaulti*, *Abies sp*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii* y *Pinus culminicola*.

La vegetación secundaria está constituida por especies latifoliadas, arbustivas, herbáceas y algunas gramíneas.

La densidad promedio de la regeneración natural de coníferas, es de 605 individuos/hectárea, un valor de altura de 0.88 m y una edad aparente de cinco años; asimismo presenta una estructura por categorías de altura en forma piramidal con el 44.94% concentrada en los individuos menores de 50 cm y una estructura por categorías de edad en forma de campana con más del 80% de los individuos menores de 8 años.

En las menores altitudes, en la ladera baja de la sierra, es mayor el potencial de regeneración natural, puesto que la densidad absoluta promedio encontrada es de 1350 y 4150 ind/ha; asimismo en estas altitudes es mayor la distribución de renuevos de coníferas de las especies *Pseudotsuga flahaulti*, quien aparece con densidades de 2950 y 617 ind/ha; así como *Pinus ayacahuite* que resulta con 717 y 458 ind/ha. Las estructuras de la comunidad de renuevos de coníferas en estas altitudes en forma de pirámide y campana, nos señalan que se está dando una

reincorporación de nuevos individuos y que más del 50% de los ya establecidos tienen alturas inferiores a 50 cm.

Mientras que en las mayores altitudes, donde se presentan amplios sectores sin regeneración natural de coníferas, hay menor potencialidad de regeneración natural, ya que el valor promedio de renuevos encontrados es de 791 ind/ha; aquí aparecen como especies dominantes *Pseudotsuga flahaulti* con 534 ind/ha y *Pinus hartwegii*, con 133 ind/ha; asimismo en estas altitudes la comunidad de renuevos presenta una estructura por categorías de edad en forma de urna, donde se refleja que existe una reducción en la reincorporación de nuevos individuos a la comunidad y la estructura por categorías de altura indica que más del 50% de los individuos tienen menos de 1.0 m de altura.

La población mejor adaptada resulta ser la de *Pseudotsuga flahaulti*, puesto que se encuentra más representada tanto en densidad absoluta como relativa; dicha población adopta una estructura por categorías de altura en forma piramidal, donde se refleja que el 42.86% corresponde a aquellos individuos con menos de 50 cm de altura.

El análisis de correlación lineal simple realizado, demostró que existe un valor de correlación altamente significativo ( $\alpha = 0.0001$ ) entre la edad y la altura de la repoblación, apareciendo con un valor de  $r = 0.77$  y una  $R^2 = 0.59$ .

### VIII LITERATURA CITADA

Acosta M.,M. y M.A. Musálem S. 1986. Dispersión de semillas de *Pinus montezumae* Lamb. en dos matarrasas del Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla. Revista Chapingo. 11(52-53):35-40.

Billings,W.D. 1968. Las plantas y el ecosistema. Centro Regional de Ayuda Técnica. México, D.F. 168 p.

Braun B.,J. 1979. Fitosociología. Ediciones H.Blume. Madrid, España. 820 p.

Binkley,D. 1993. Nutrición Forestal. Limusa.México, D.F. 340 pp.

- Cano C.,J. 1988. El sistema de manejo regular de los bosques de México. U.A.CH. Chapingo, México. 221 p.
- CETENAL. 1977a. Carta Edafológica, Clave G14C45, San Rafael, Escala 1:50000. México.
- CETENAL. 1977b. Carta de Uso del Suelo, Clave G14C45, San Rafael, Escala 1:50000. México.
- CETENAL. 1978. Carta Topográfica. Clave G14C45, San Rafael, Escala 1:50000. México.
- Cochran,W.G. 1978. Técnicas de muestreo. C.E.C.S.A. México, D.F. 507 p.
- Colinvaux,P.A. 1982. Introducción a la Ecología. Limusa México, D.F. 648 p.
- Cornejo O.,E.H. 1987. Aspectos ecológicos y dasonómicos del bosque de *Pseudotsuga- Pinus- Abies*, en la Sierra La Marta, Arteaga, Coah. Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 196 p.
- Daubenmire,R.F. 1982 Ecología vegetal. Tratado de ecología de plantas. Limusa. México, D.F. 496 p.

- Daniel, T.W., J.A. Helms y F.S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw Hill. México, D.F. 492 p.
- DETENAL. 1977. Carta Geológica, Clave G14C45, San Rafael, Escala 1:50000. México.
- DETENAL. 1981. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, Clave G14-7, Monterrey, Escala 1:250000. México.
- Emmel, T.C. 1987. Ecología y biología de poblaciones. Interamericana. México, D.F. 182 p.
- Equihua, Z.M. y B.G. Benítez. 1990. Dinámica de las comunidades ecológicas. Trillas. México, D.F. 120 p.
- Esquivel B., F. 1994. Estimación de la media poblacional en un muestreo polietápico. Tesis. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 55 p.
- Farnwort, E.G. y F.B. Golley. 1977. Ecosistemas frágiles. En: Evaluación de la investigación y aplicaciones en los neotrópicos. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 381 p.
- Franco P., J.G. 1990. Dinámica de la regeneración de *Pseudotsuga flahaulti* Flous, en el bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*.

- Tesis Profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.  
158 p.
- Freese, F. 1969. Muestreo Forestal Elemental. Boletín de  
Agricultura N° 232. Departamento de Agricultura de los E.U.A.  
96 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación  
climática de Koppen. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Grime, J.P. 1989. Estrategias de adaptación de las plantas y  
procesos que controlan la vegetación. Limusa. México, D.F.  
291 p.
- Hocker Jr., H.W. 1984. Introducción a la Biología Forestal. AGT  
Editor, S.A. México, D.F. 446 p.
- Husch, B. 1971. Planificación de un Inventario Forestal. FAO.  
Roma. 135 p.
- INEGI. 1981. Carta Geológica, Clave G14-7, Monterrey. Escala  
1:250000. México.
- Kormondy E., J. 1985. Conceptos de ecología. Alianza editorial.  
Madrid. 278 p.

Kucera,C.L. 1976. El reto de la Ecología. Continental. México, D.F. 223 p.

López C.,I. 1993. Ensayo de Adaptación de cinco especies regionales de pino, bajo cuatro tratamientos a la vegetación secundaria en la Sierra La Marta, Arteaga, Coah. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 69 p.

Margalef, R. 1977. Ecología. Omega. Barcelona. 951 p.

Musálem S.,M.A., A. Velázquez M. y M. González G. 1991.

Repoblación natural de bosques templados- fríos en la región central de México. Agrociencia (3):55-75.

Niembro R., A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Limusa. México, D.F. 130 p.

Odum,E. P. 1972. Ecología. Interamericana. México, D. F. 552 p.

Pritchett,W.L. 1986. Suelos forestales. Limusa. México, D.F. 634 p.

Rzedowski,J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.

SARH. 1994. Inventario Nacional Forestal Periódico. Folleto.  
México. 1p.

Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. AGT Editor, S.A.  
México, D.F. 690 p.

Scheaffer, R.L. y W. Mendenhall. 1986. Elementos de muestreo.  
Iberoamericana. 321 p.

Sukhatme, P.V. 1962. Teoría de encuestas por muestreo con  
aplicaciones. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 495  
p.

Verduzco G., J. 1976. Protección Forestal. PATENA, A.C. Chapingo,  
México. 369 p.

Vidal, J.J. y C. Italo N. 1959. Iniciación a la Ciencia Forestal.  
Salvat. Barcelona. 547 p.

Villa S., A.B. 1973. Generalidades sobre la forma y el tamaño de  
los sitios de muestreo usados en inventarios forestales.  
Nota N° 20. INIFAP-SARH. México, D.F. pp 53-57.

**IX APENDICE**




VER ARCHIVO: APENDICE. CH3



