

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de la regeneración natural de coníferas, con el método de
Árboles Padres en cuatro localidades de Arteaga Coahuila.**

Por:

Mario Jarillo Hernández

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 2000

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Evaluación de la regeneración natural de coníferas, con el método de
Árboles Padres en cuatro localidades de Arteaga Coahuila.**

Por:

Mario Jarillo Hernández

T E S I S

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como un requisito
parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

APROBADA

M.C. José Armando Nájera Castro
Presidente del jurado

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga
Ruiz

M.C. José Luis Oviedo

Vocal

Vocal

M.C. Reynaldo Alonso Velasco
Coordinador de la división de Agronomía

Buenavista, Saltillo Coahuila, México. Noviembre de 2000

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Sr. Evaristo Jarillo Hernández y Sra. Ma. Isabel Hernández de Jarillo. Por todo su amor, esfuerzos, sacrificios y sabios consejos, que me han permitido terminar una etapa más en mi vida, y por inculcarme los valores y principios necesarios que me permiten andar por el mejor camino.

A MIS HERMANOS

Zenaida, Aniceto, Jaime, Felipe y Elías. Por su amor y apoyo que fueron siempre el motivo de impulso durante mi carrera, por su confianza depositada en mí, y por fortalecer la unidad de nuestra familia.

A mi cuñado Isaac y, a las esposas de mis hermanos. Por formar parte de la familia.

A MIS SOBRINOS

Doris

Isaí

Blanca Estela

Diana Isabel

Oscar Amisadaí

Con cariño.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por su hijo Jesucristo, quien a través de su sacrificio me ha redimido y justificado, por permitirme experimentar el plan de su amor para mi vida y, su gran fidelidad.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

Por darme la formación académica de una carrera profesional, brindándome los conocimientos necesarios para servir mejor a la sociedad.

Al M.C. José Armando Nájera Castro. Por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación bajo su asesoría, por su amistad brindada; a demás de las revisiones y sus valiosas sugerencias para la integración del documento.

Al M.C. José Luis Oviedo Ruiz. Por la revisión del presente trabajo y sus valiosas aportaciones sobre la redacción del mismo.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga. Por su disponibilidad para integrarse al equipo de trabajo y, la revisión del documento.

Al Centro de Educación y Capacitación Forestal No 1 “Dr. Manuel Martínez Solórzano” de Uruapan Mich. Por contribuir a mi formación durante el nivel medio superior de mi carrera.

A los compañeros: Hector Sánchez Cerano, Santiago Aguilar Aguilar, José Luis Sánchez Montezinos, y Juan Manuel Pérez Ordáz. Por su valiosa colaboración para el levantamiento de datos de campo.

A todos los compañeros de la generación 88 de la carrera Ingeniero Forestal, muy en especial a Saul Colín O., Hector Sánchez C., Santiago Aguilar A., Efraín López V., Santiago García G., Alejandro González L., J. Luis Sánchez M. y Maximino J. Cruz L. por su amistad y compañerismo durante la carrera y la elaboración de tesis.

A la Iglesia “Centro Familiar Cristiano”. Por todo el apoyo moral y espiritual durante mi estancia en Saltillo.

A la familia Velázquez Vázquez. Por su amistad y apoyo brindados para conmigo; de manera especial a Vanessa.

A los compañeros de casa y a los que forman parte de Cruzada Estudiantil: Armando A., Modesto C., Oscar G., Neftali H., Joel R., Gumer., Hiber G., muy en especial a mi hermano Felipe y mi primo Eliseo. Por representar siempre un gran apoyo para mi vida y por compartir tantas cosas juntos.

A la M.C. Leticia Bustamante. Por todo su apoyo y cariño brindados para mi persona, a demás por sus consejos tan sabios que han fortalecido mi vida.

A toda la sociedad del pueblo Mexicano. Por contribuir para una educación gratuita.

A todas las personas que hayan contribuido en la elaboración del presente trabajo.

*Alégrense los cielos, y gócese la tierra;
brame el mar y su plenitud.
Regocíjese el campo, y todo lo que
en él está; entonces todos los árboles del bosque
rebotarán de contento.*

SALMO 96: 11-12.

ÍNDICE DE CONTENIDO

página

INTRODUCCIÓN	1
.....	2
Objetivos	3
.....	
Hipótesis	4
.....	4
	6
REVISIÓN DE LITERATURA	8
..... Concepto de	8
regeneración natural	10
Métodos de regeneración natural	11
.....	11
Métodos de monte alto	16
..... Masas	17
uniformes (coetáneas)	19
Masas irregulares	20
(incoetáneas).....	20
Métodos de monte bajo	21
.....	21
Método de Árboles Padres	23
.....	23
Factores que afectan la	26
regeneración..... Factores externos	26
que influyen en la germinación	28
La provisión	28
para el inicio de la regeneración natural	30
Establecimiento y desarrollo de las plántulas	32
..... Etapa	34
.....	35
Etapa juvenil	
.....	38
La sucesión vegetal y la silvicultura	

..... El ciclo sucesional
..... Etapas del
proceso de sucesión

Teoría del monoclímax

.....
El clímax

.....
Dinámica natural de los bosques

.....
Preparación y tratamiento del sitio

.....
Métodos para la preparación del sitio

.....
Disturbios

.....
El papel ecológico de los disturbios
naturales.....

Los métodos de regeneración y su similitud con los
disturbios

Naturales

.....		
Evaluación	de la	vegetación 43
.....		44
Muestreo	de	regeneración 44
.....	Trabajos	afines
.....		50
.....		50
MATERIALES	Y	MÉTODOS 50
.....		Descripción 50
del área de estudio	51
Localización	51
Topografía		51
.....		52
Clima		53
.....		53
Suelo		53
.....		54
Vegetación		54
.....		55
Hidrología		56
.....	Metodología	56
.....		
Selección	del área	de estudio 59
.....		59
Método	de	muestreo 59
.....		63
Ubicación y delimitación de las unidades de muestreo		64
.....		67
Información obtenida en el sitio de 1000 m ²		67
.....		71
Información obtenida en el sitio de 100 m ²		74

.....				81
Descripción	ecológica	del	sitio	86
.....				92
Tratamiento	de	la	información	
.....				95
RESULTADOS	Y		DISCUSIÓN	99
.....				
Árboles			padres	103
.....				
Densidad				106
.....				
Cobertura				
.....				
Área			basal	
.....				
Regeneración				
.....				
Densidad				
.....				
Cobertura				
.....				
Diámetro			basal	
.....				
Altura				
.....				
Edad				
.....				
Vigor				
.....				

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

.....

RESUMEN

.....

LITERATURA

CITADA

.....

APÉNDICE

.....

ÍNDICE DE CUADROS

No		Página
1	Equivalencias para las categorías de las variables: diámetro basal, altura y edad.....	58
2	Densidad de árboles padres por área y por especie ...	61
3	Cobertura de árboles padres por área y por especie	64
4	Área basal de árboles padres por área y por especie	66
5	Densidad de regeneración natural por área y por especie	70
6	Cobertura de la regeneración por área y por especie	73
7	Diámetro basal promedio por especie y por área	75
8	Distribución de la regeneración natural por categorías de diámetro basal para cada área y especie (individuos por hectárea y porcentajes)	76
9	Distribución de la regeneración natural por categorías de altura, para cada ... área y especie (individuos por hectárea y porcentajes)	83
10	Altura promedio de la regeneración por especie y por área	84
11	Edad promedio de la regeneración por especie y por área	87
12	Distribución de la regeneración natural por categorías de edad, para cada ... área y especie (individuos por hectárea y porcentajes)	88
13	Medias de vigor por área y especie	93

ÍNDICE DE FIGURAS

No		Página
1	Densidad de árboles padres por área y por especie	62
2	Densidad total de árboles padres para cada área	62
3	Cobertura de árboles padres por área y por especie	64
4	Cobertura total de árboles padres para cada área	65
5	Área basal actual de árboles padres por área y por especie	66
6	Área basal total de árboles padres por área	67
7	Densidad de regeneración natural por área y por especie	70
8	Densidad total de regeneración para cada área	71
9	Cobertura de regeneración natural por área y especie	73
10	Cobertura total de regeneración para cada área	74
11	Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área A	77
12	Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área B	77
13	Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área C	79
14	Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área D	79
15	Estructura de alturas por categoría y especie en el área A	81
16	Estructura de alturas por categoría y especie en el área B	84
17	Estructura de alturas por categoría y especie en el área C	85
18	Estructura de alturas por categoría y especie en el área D	85
19	Estructura de edades por categoría y especie en el área A	87
20	Estructura de edades por categoría y especie en el área B	89
21	Estructura de edades por categoría y especie en el área C	90
22	Estructura de edades por categoría y especie en el área D	91
23	Vigor promedio de las especies en cada área	93

No	CONTENIDO DEL APÉNDICE	Página
A1	Análisis de varianza del diámetro basal para áreas	106
A2	Prueba de comparación de medias de diámetro basal para áreas	106
A3	Análisis de varianza del diámetro de copa para áreas	107
A4	Prueba de comparación de medias del diámetro de copa para áreas	107
A5	Análisis de varianza de la edad para áreas	108
A6	Prueba de comparación de medias de edad para áreas	108
A7	Análisis de varianza del vigor para áreas	109
A8	Prueba de comparación de medias de vigor para áreas	109
A9	Análisis de varianza de la densidad para áreas	110
A10	Prueba de comparación de medias de densidad para áreas	110
A11	Análisis de varianza de vigor para <i>Abies vejari</i>	111
A12	Prueba de comparación de medias de vigor para <i>Abies vejari</i>	111
A13	Análisis de varianza de diámetro basal para <i>Pinus ayacahuite</i>	112
A14	Prueba de comparación de medias de diámetro basal para <i>Pinus ayacahuite</i>	112
A15	Análisis de varianza de densidad para <i>Pinus ayacahuite</i>	113
A16	Prueba de comparación de medias de densidad para <i>Pinus ayacahuite</i>	113
A17	Análisis de varianza de diámetro basal para <i>Pinus rudis</i>	114
A18	Prueba de comparación de medias de diámetro basal para <i>Pinus rudis</i>	114
A19	Análisis de varianza de altura para <i>Pinus rudis</i>	115
A20	Prueba de comparación de medias de altura para <i>Pinus rudis</i>	115
A21	Análisis de varianza de diámetro de copa para <i>Pinus rudis</i>	116
A22	Prueba de comparación de medias de diámetro de copa para <i>Pinus rudis</i>	116
A23	Análisis de varianza de la edad para <i>Pinus rudis</i>	117
A24	Prueba de comparación de medias de edad para <i>Pinus rudis</i>	117
Figura 1A. Ubicación de áreas de estudio en la pequeña propiedad El Pilar y Ejido Santa Rita		118
Figura 2A. Ubicación de áreas de estudio en los Ejidos Rancho Nuevo y Piedra Blanca		119

RESUMEN

El manejo de los bosques naturales de México, se rige principalmente por dos métodos de ordenamiento forestal, los cuales son: el Método Mexicano de Ordenación de Montes y el Método de Desarrollo Sivícola. Este último incluye el tratamiento de regeneración de árboles padres, el cual consiste en la remoción de la masa forestal exceptuando a un pequeño número de árboles con las mejores características fenotípicas, los cuales desempeñan el papel de progenitores.

En el presente trabajo se evaluó la regeneración natural de coníferas, inducida por el tratamiento de árboles padres, en cuatro localidades del municipio de Arteaga, Coahuila, a fin de determinar su respuesta en función a diferentes géneros, especies y condiciones ecológicas, mediante la estimación de las características cualitativas y cuantitativas del renuevo. La investigación se llevó a cabo específicamente en los terrenos del ejido Santa Rita (A) y en la pequeña propiedad El Pilar (B), pertenecientes a la sierra de las Alazanas, así como en los ejidos Rancho Nuevo (C) y Piedra Blanca (D), pertenecientes al Cañón de Carbonera. Estas áreas fueron intervenidas en un tiempo que varía de 14 a 20 años, con una superficie promedio de 8 hectáreas cada una.

La evaluación de las áreas se realizó durante los meses de marzo y abril del 2000. Se utilizó el diseño de muestreo sistemático en las cuatro áreas, donde las unidades de muestreo fueron sitios circulares de 1000 m² para el caso de

árboles padres, y de 100 m² concéntricos para el caso de la regeneración, utilizándose una intensidad de muestreo del 12 %. Las variables evaluadas en la regeneración fueron: densidad, diámetro de copa, diámetro basal, altura, edad (estas tres últimas distribuidas por categorías), y vigor, el cual se evaluó en una escala de 1, 2 ó 3, equivalente a bueno, regular o malo, respectivamente. Se consideró a cada área de estudio como tratamiento y a cada sitio de muestreo como repetición. Cada área de estudio con sus características de composición de especies y densidad de árboles, se constituyó en un tratamiento. Para establecer la igualdad o diferencia estadística entre tratamientos o especies, se practicó una prueba de comparación de medias de Tukey. El diseño experimental fue completamente al azar con desigual número de repeticiones.

En los resultados se encontró que las áreas A y D presentaron las mismas especies de árboles progenitores, correspondientes a *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus rudis*, y las áreas B y C presentaron estas mismas especies, además de *Pseudotsuga flahaulti*. La densidad de árboles padres fue variable para cada especie, registrándose el área A con un total de 46 árboles por hectárea; el B, con 63, el C con 50; y el D con 40. Las variables de cobertura y área basal se comportaron según las especies y sus diámetros normales.

La densidad de la regeneración fue mayor en el área C con 4,053 renuevos por hectárea, obedeciendo a la mayor cobertura y área basal de árboles progenitores; el área B presentó un total de 1,912 renuevos por hectárea, el A 1,433 y el D registró la menor densidad con sólo 603 renuevos por hectárea. El

área basal y la cobertura de los árboles progenitores influyeron más que la densidad, en el establecimiento de la regeneración, ya que se observó mejor respuesta sobre todo en especies tolerantes, para las áreas con mayor área basal y cobertura, es decir, se muestra una correlación positiva desde el punto de vista numérico, puesto que a mayor área basal y cobertura, se tuvo mayor regeneración natural, en el contexto de los rangos evaluados.

El área A presentó los más altos valores en las medias de diámetro basal (7.25 cm), altura (2.1 m) y edad (11.7 años); en contraste, el área C presentó los más bajos valores de estas mismas variables, diámetro basal (2.06 cm), altura (1.08 m) y edad (7.22 años). Aún cuando estas dos áreas fueron intervenidas en el mismo año (1984), se muestra que el desarrollo de su regeneración ha sido muy diferente; esto obedece posiblemente a que el área A registró la menor cobertura de árboles padres (1,436 m²), y el C la mayor cobertura con 2,095 m², además de que en ésta última, se presentó la mayor densidad, la cual está agrupada en espacios específicos donde hubo preparación de sitio y, como se trata de especies tolerantes y medianamente tolerantes, su desarrollo inicial fue más lento. Las áreas B y D registraron promedios muy similares entre sí, a pesar de que la primera fue intervenida en 1985 y la segunda en 1980; su diámetro basal tuvo un promedio de 4.35 cm, su altura 1.5 m y su edad 9.4 años.

El vigor en general se muestra bueno para todas las especies en las diversas áreas estudiadas, excepto en Piedra Blanca, donde éste ha sido considerablemente mermado por efectos del pastoreo doméstico, lo cual se considera preponderantemente regular (escala 2).

En general, el establecimiento de la regeneración después de 14 y 20 años de intervención silvícola, no es satisfactoria en ninguna de las cuatro áreas, lo cual puede obedecer a que, por tratarse de asociaciones vegetales que incluyen especies tolerantes, y medianamente tolerantes, y dado que el tratamiento de árboles padres proporciona condiciones para la regeneración de especies intolerantes, dichas especies no se establecen adecuadamente bajo estas condiciones de luz. Las especies con mayor índice establecimiento fueron *Abies vejari* y *Pinus ayacahuite*.

Dado que la respuesta de la regeneración natural en las Áreas estudiadas, no se mostró aceptable en ninguna de ellas, se recomienda no aplicar el tratamiento de árboles padres, donde las asociaciones vegetales estén constituidas por especies tolerantes, específicamente en la región de influencia donde se llevó a cabo el presentetrabajo. Asimismo, debido a que *Pinus rudis* mostró problemas de establecimiento, se sugieren trabajos de investigación al respecto, así como acciones de restauración para el área de Piedra Blanca y, de protección para las cuatro.

INTRODUCCIÓN

Anualmente se destruyen en el mundo más de diez millones de hectáreas de bosque, debido principalmente a fenómenos naturales y al mal manejo que el hombre ejerce sobre estos recursos. Ante este problema es indispensable conocer las características de las especies forestales y las condiciones ambientales que hacen posible su regeneración para fines de conservación y aprovechamiento (Jardel y Lázaro, 1989).

La actividad forestal en México ha enfrentado fuertes problemas técnicos y sociales, que con el paso del tiempo y el excesivo crecimiento demográfico, han incrementado su magnitud. Los errores técnicos que se cometen en la aplicación de la silvicultura, han contribuido también a la deforestación, ya sea por emplear técnicas inadecuadas de manejo o por no evaluar los resultados que aparentan ser una respuesta favorable a la aplicación de tratamientos de regeneración.

En nuestro país, el Método de Desarrollo Silvícola se aplica principalmente en zonas de clima templado frío en especies de coníferas, donde se pretende homogeneizar y regularizar las masas forestales, obteniendo montes altos regulares, mediante un número variable de cortas intermedias y una corta de regeneración con el tratamiento de "Árboles Padres". Esta última corta es considerada como la más importante, debido a que mediante ellas se pretende la permanencia y continuidad del recurso, a través del establecimiento de la

regeneración natural, la cual, de no darse, afectaría los planes de ordenación de cualquier programa de manejo (Valencia, 1992).

El tratamiento de “Árboles Padres” está siendo aplicado en muchas partes de la República Mexicana, donde sus resultados muchas veces no han cumplido con las expectativas de los técnicos y productores; ésto significa que los objetivos del establecimiento de regeneración natural no se han logrado. En el estado de Coahuila, los recursos forestales maderables son escasos, es por ello que los tratamientos de regeneración deben ser bien aplicados para poder lograr así la preservación de estos recursos naturales.

Con el presente trabajo se pretende evaluar los efectos que ha tenido este tratamiento de regeneración en diversas asociaciones vegetales de coníferas, sobre cuatro localidades que fueron intervenidas en un tiempo que varía entre hace 14 y 20 años, en la sierra de Arteaga Coahuila. Los efectos se evaluarán con base a la condición actual de la regeneración, a fin de establecer la relación que existe entre los diferentes géneros y especies de cada área, con la densidad, estructura y otros factores dasométricos, así como los factores ecológicos que intervienen en la germinación y establecimiento de plántulas, como lo es los disturbios y la competencia.

Objetivos

El presente trabajo pretende el siguiente objetivo general:

Determinar la respuesta de la regeneración natural, al tratamiento de “Árboles Padres” en diferentes géneros y especies de coníferas y diferentes condiciones ecológicas, mediante la estimación de las características cualitativas y cuantitativas del renuevo en cuatro áreas que han sido intervenidas con anterioridad.

Además, en apego al objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- a) Determinar la especie o asociación vegetal de coníferas que presente mejores respuestas a la aplicación del método árboles padres para esta región.
- b) Determinar las condiciones que propician una mejor regeneración natural desde el punto de vista de la intervención silvícola y las condiciones naturales del área.
- c) Generar recomendaciones para la aplicación futura de este tratamiento en esta región.

Hipótesis

Para este trabajo se considera la siguiente hipótesis nula:

La regeneración natural inducida por el método de árboles padres, tiene la misma respuesta sin importar las especies que constituyan las diferentes asociaciones vegetales de coníferas ni las condiciones ecológicas donde se haya aplicado dicho tratamiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

Concepto de regeneración natural

La etapa final del turno, en la que se llevan a cabo cortas con el objetivo de sustituir árboles maduros por árboles jóvenes, se llama periodo de regeneración. En esta fase se regeneran, repueblan o renuevan rodales en forma natural o artificial. Las cortas que se realizan con el fin de establecer el renuevo se llaman cortas de regeneración (Fisher, 1993).

Grijpma (1982) establece que la composición, calidad y continuidad de un bosque, dependen de su regeneración. La regeneración o reproducción forestal es un proceso en que la masa forestal existente se sustituye por una nueva.

Tarde o temprano llega el momento en que interesa cortar todos o una parte de los árboles y reemplazarlos por una nueva generación. Las cortas se hacen con el fin de eliminar los árboles viejos y de crear las condiciones ambientales propicias para el inicio de la reproducción. Estas cortas se denominan de *repoblación o regeneración* (Hawley y Smith, 1972).

Mass (1974) menciona que cuando las masas forestales llegan a su madurez, surge la necesidad de establecer una nueva población; la regeneración puede obtenerse naturalmente, ya sea a través de semilla o por medios

vegetativos, y artificialmente , mediante el establecimiento de plantaciones así como por siembras directas.

Zobel y Talbert (1988) destacan que aunque la mayoría de las especies forestales se regeneran mediante semilla, los sistemas de regeneración vegetativa, tales como el uso de brotes de la raíz y del fuste, son también comunes, especialmente en el caso de latifoliadas. La reproducción vegetativa también ocurre en algunas coníferas, por ejemplo en la secuoya (*sequoia sempervirens*). (Diccionario interactivo, 1996). Es más fácil manipular genéticamente los rodales naturales cuando puede utilizarse la regeneración a partir de árboles semilleros seleccionados. Los problemas surgen cuando las especies rebrotan o poseen semillas que permanecen viables durante muchos años en el suelo del bosque.

Cuando se utilizan sistemas de regeneración que implican árboles semilleros (como ocurre con los pinos), pueden obtenerse ganancias genéticas dejando a los mejores árboles como productores de semilla. La parte más importante de la ganancia, se debe a que la progenie obtenida está bien adaptada al sitio. Zobel y Talbert (1988) mencionan que una regeneración considerada como buena, es aquella que se establece en el menor tiempo posible, con la especie deseada y que presente un número y distribución adecuado.

Daniel *et al.* (1982) reconocen que los sistemas de regeneración, tanto natural como artificial, implican ciertas ventajas y desventajas que el silvicultor

debe analizar para elegir uno u otro. A su vez, Mass (1974) expresa que se deben considerar varios factores tales como: el método de tratamiento, las características de la semillación, la incidencia de plagas y enfermedades forestales, las condiciones ecológicas y el costo de las operaciones silvícolas, entre otros, pero siempre con el compromiso de obtener una regeneración suficiente en número y proveniente de los mejores árboles con el propósito de reiniciar el ciclo del bosque con una masa forestal de mayor vigor, resistencia y desarrollo.

Métodos de regeneración natural

Los métodos de regeneración son procedimientos ordenados que incluyen la corta parcial o total del bosque existente, así como el establecimiento de un nuevo bosque. Se han desarrollado métodos de regeneración naturales y artificiales. En los primeros, los bosques se pueden establecer mediante semillas y retoños.

En la regeneración natural por semillas, la dispersión y el establecimiento de las plantas se efectúan sin la intervención directa del hombre. El papel del hombre, en este caso, se limita a tomar medidas dirigidas a mejorar las condiciones para la germinación y el crecimiento de la planta. Las semillas pueden provenir de los árboles cortados en el mismo terreno, de árboles de rodales cercanos o de aquellos dejados en el terreno.

En la regeneración natural por semillas, la tala del bosque puede ser severa, como es el caso de la corta matarrasa, aunque puede disminuir sus impactos a través de una corta total con árboles padres. La regeneración natural puede ser inducida también mediante cortas parciales. Con los métodos de regeneración bajo dosel protector y con el de selección, se obtiene la regeneración mediante cortas parciales, las cuales, facilitan la apertura gradual del dosel. La regeneración natural por retoños se puede realizar con el método de monte bajo o de monte bajo con resalvos. En el primero, los retoños son coetáneos, y en el segundo, son de edades múltiples (Grijpma, 1982).

Según Hawley y Smith (1982), un método de repoblación puede definirse como un procedimiento ordenado mediante el cual se renueva o establece una masa, ya sea natural o artificialmente. Este proceso se lleva a cabo durante un periodo de regeneración o repoblación, que empieza después de cortar la masa forestal, al final de cada turno.

Muchos son los métodos de repoblación que existen, sin embargo, la lista podría disminuirse a unos cuantos, si se considera la claridad de sus principios y fundamentos ecológicos. Por lo anterior en la actualidad se consideran sólo seis métodos generales de repoblación, los cuales son ampliamente aceptados en Estados Unidos (Hawley y Smith, 1982).

Métodos de monte alto

Los métodos de monte alto producen masas forestales originadas a partir de semillas, y dan origen a bosques uniformes o coetáneos, subdividiéndose de la siguiente manera:

Masas uniformes (coetáneas)

a) **Método de matarrasa.** Consiste en una sola corta para extraer toda la masa, con reproducción ya sea artificial o por germinación natural de semillas procedentes de las masas adyacentes o de árboles apeados durante la operación de corta; a su vez, Grijpma (1982) menciona que en este método (llamado por él de *corta total*), se utilizan especies intolerantes, las cuales poseen semillas livianas que son distribuidas por el viento. Los árboles en este caso, se talan a lo largo de superficies de 8 a 40 ha. Este método se puede aplicar en bosques coetáneos o multietáneos, pero la regeneración siempre es coetánea. Los factores que se toman en cuenta antes de la corta, son la época de maduración de los conos o frutos y la dirección del viento.

Los aspectos que se consideran para la aplicación del método son los siguientes:

- 1) La forma del rodal puede ser rectangular. El eje longitudinal debe ser perpendicular al viento dominante durante la dispersión de las semillas.

- 2) Los rodales siempre deben estar contiguos a rodales con árboles que produzcan semillas.
- 3) La corta total cambia bruscamente el microclima y puede causar alteraciones en las propiedades físicas del suelo. Para disminuir estos efectos, se ha introducido la corta en fajas alternas, en fajas progresivas y en grupos.

La corta total en fajas alternas. Consiste en eliminar la vegetación a manera de fajas largas y estrechas, separadas por fajas con árboles. En terrenos inclinados, el eje debe seguir las curvas de nivel; el ancho de las fajas varía entre una y cinco veces la altura de los árboles. Para la corta total en fajas progresivas, se requieren tres o más intervenciones para extraer la masa total del bosque.

Por otra parte, la corta total en grupos es una modificación del método usado en bosques irregulares o bosques ubicados en terrenos accidentados.

b) **Método de árboles padres.** Consiste en realizar una sola corta de la cubierta forestal, de la que se exceptúa un pequeño número de árboles productores de semilla que se dejan aislados o en pequeños grupos, con el objetivo de proporcionar la semilla necesaria para la regeneración (Hawley y Smith, 1982).

c) **Método de repoblación bajo árboles protectores,** también llamado de cortas de protección. Con este método la madera se saca mediante una serie de cortas con duración limitada a una pequeña parte del turno, lo que favorece el establecimiento de una repoblación esencialmente uniforme bajo la protección

parcial de los árboles padres (Hawley y Smith, 1982). Asimismo, Grijpma (1982) menciona que este método (*regeneración natural bajo dosel protector*), consiste en la abertura gradual del dosel para inducir la regeneración, mediante la aplicación de las siguientes cortas sucesivas. 1) **cortas de preparación**, cuyo objetivo es promover la producción de semillas y preparar el suelo para la germinación; 2) **cortas de diseminación**, para estimular la germinación y el establecimiento de la regeneración y, 3) **cortas de remoción**, para promover el desarrollo de la regeneración mediante la eliminación del dosel.

Masas irregulares (incoetáneas))

d) **Método de Selección o entresaca.** La madera se saca cortando individuos aislados o en pequeños grupos a intervalos relativamente cortos, proceso que se repite indefinidamente, con lo que se favorece la repoblación continua y se mantiene la masa irregular (Hawley y Smith, 1982).

Este método se aplica en bosques multietáneos, y consiste en talar cada año solo aquellos árboles que han alcanzado el diámetro de corta, el cual está en función de la edad de rotación establecida para los árboles. En este método la corta deja espacios en el bosque que son aprovechados inmediatamente por la regeneración natural; de esta manera, el bosque multietáneo se perpetua, sin embargo, puede resultar antieconómico recorrerlo cada año con propósitos de tala y extraer sólo aquellos árboles que hayan alcanzado la edad de rotación. Para

hacer más rentable el aprovechamiento, se establece un ciclo de corta, mediante el cual se concentran árboles de una, o de pocas clases de edades, en áreas pequeñas del bosque. Estas clases de edad pueden ser establecidas en fajas, grupos o en forma dispersa en los rodales.

Métodos de monte bajo

Estos métodos tienden a producir masas forestales primordialmente mediante la reproducción vegetativa. A continuación se mencionan los principales:

a) **Método de monte bajo en sentido estricto.** Cualquier tipo de corta que dependa principalmente de la regeneración vegetativa.

b) **Método de monte medio** (también llamado de monte bajo con resalvos). Producción de montes altos y bajos sobre la misma área, manteniendo a los árboles procedentes de semilla mucho más tiempo que a los originados de forma vegetativa.

Método de Árboles Padres

Según Hawley y Smith (1972) en este método el área es talada totalmente, exceptuando ciertos árboles, denominados árboles padres, que quedan en pie, aislados o en grupos, con la finalidad de proporcionar las semillas para repoblar

naturalmente el área talada. Los árboles representan solamente un pequeño porcentaje del volumen original, generalmente menos del 10 %. También indican que el número de árboles a dejar por hectárea, dependerá de los factores siguientes: 1) la cantidad de semillas viables producidas por el árbol, 2) la proporción probable de árboles padre que sobrevivirá, 3) el porcentaje de semillas que logrará finalmente dar plántulas establecidas, y 4) la distancia a la que pueden ser diseminadas en cantidad suficiente para asegurar una espesura completa.

Fisher (1993) sugiere que los árboles padres se deben escoger según los siguientes criterios: los mejores fenotipos del área, árboles dominantes adaptados a los impactos del viento, con copas desarrolladas, árboles de buen vigor y de plena producción de semilla; reconoce que existe la regla de que la distancia entre los árboles debe ser igual a la altura de los árboles padres, además manifiesta, que en la corta de regeneración por el método de árboles padres, normalmente se dejan de 20 a 30 árboles por hectárea, y que éstos no son los suficientes para mantener inalterado el microclima del bosque, ya que los árboles dejados en pie, corren el peligro de desgajarse por el viento, y que el efecto protector de los árboles padres es casi nulo, lo que significa que se puede provocar erosión, avalanchas, escurrimiento superficial y empobrecimiento del suelo; además, indica que la tala y el arrastre de los árboles padres causa daños a la regeneración cuando se realiza la corta de liberación.

Con este método de regeneración natural se talan todos los árboles del área, con excepción de unos 10 a 25 por hectárea. Estos árboles, llamados

árboles padres, son dejados en el terreno para facilitar la regeneración y se eligen basándose en sus características superiores, con sistemas radicales bien desarrollados y por ser resistentes al viento. Generalmente son individuos dominantes o codominantes, que crecieron con poca competencia. El tronco debe ser recto y la copa bien distribuida, pero abierta. Los árboles padres deben estar adecuadamente distribuidos sobre el área. Una modificación del sistema consiste en dejar árboles en grupos de 2 hasta 10 árboles por hectárea; de esta manera resisten mejor al viento.

Los árboles padres deben ser maduros y producir semillas. En este sistema, la distribución de semillas es más uniforme que en la corta total, además, la regeneración proviene de árboles seleccionados (Grijpma, 1982).

Ruth y Harris (1979) señalan que en este sistema, se dejan árboles en pie para proveer semilla para la regeneración. Este difiere del tratamiento de cortas de protección, en que pocos árboles son dejados en pie y por consiguiente no proveen de suficiente protección al estrato inferior para una adecuada regeneración del rodal. La sobredensidad de la regeneración usualmente ocurre por la semilla suministrada de los árboles semilleros, sin considerar semilla adicional o extra. Los árboles semilleros son expuestos al viento, y a menudo son quebrados y/o arrancados, lo cual se vuelve costoso para el aprovechamiento de los árboles en un período posterior.

Desde el punto de vista de producción de madera, el método de árboles padres, es poco recomendado. La semilla de los árboles de las especies de interés, teóricamente, debe incrementar la proporción de las especies en el nuevo rodal, o establecer un patrón de mejoramiento genético debido a los árboles superiores seleccionados. Estos dos objetivos, sin embargo, pretenden ser mejor alcanzados mediante plantaciones. El costo del aprovechamiento posterior de los árboles padres aislados, puede ser mejor si se hace simultáneamente con las actividades culturales intensivas como los preaclareos.

Desde el punto de vista del manejo de la vida silvestre, el método de árboles padres, puede ser integrado con el sistema de manejo de árboles muertos dejados en pie. En situaciones donde éstos se escogen por estar anidados o por ser hábitats para animales, la selección de los árboles semilleros debe ser basada con el criterio de hábitat para la fauna silvestre en lugar de considerar el criterio de la protección de la semilla.

Según Wenger (1984), el método de árboles padre es la remoción del rodal adulto en una sola corta, excepto un pequeño número de árboles que son dejados en pie aislados, en pequeños grupos o fajas estrechas, como una fuente de semilla para la regeneración natural. Este método se diferencia de las cortas de protección por el hecho de que los árboles semilleros no logran una cobertura suficiente en el terreno para proteger adecuadamente a los nuevos árboles, los cuales dependen más de la cobertura de copa de los árboles semilleros que de su

número. Este método es algunas veces visto simplemente como una variante del método de matarrasa.

Por otra parte Cano (1988) menciona que este es un método de regeneración que incluye dos cortas para lograr tal propósito. La primera consiste en dejar en pie (bajo circunstancias normales) de 20 a 30 árboles maduros por hectárea, como los progenitores de la nueva generación, y la segunda consiste en la extracción de dichos árboles, una vez establecida la regeneración; a esta corta se le llama corta de liberación.

El número de árboles por hectárea depende de lo siguiente:

- altura media de los árboles padres
- grado de pendiente del terreno
- la calidad de sitio
- cantidad de semilla producida por árbol
- edad, vigor y forma de los árboles
- viabilidad de la semilla
- características del suelo

Desafortunadamente, en México no se cuenta con toda la información necesaria proveniente de una investigación formal al respecto, por lo que hasta el momento, la lógica y la experiencia del técnico forestal deberá prevalecer.

Factores que afectan la regeneración

Fors y Reyes (1947) mencionan que el método que se siga en la corta de extracción de los productos forestales, no es más que uno de los varios factores que controlan la regeneración. La humedad y la temperatura son factores de vital importancia.

En general el éxito de la reproducción depende de los siguientes factores:

1. Abundante diseminación en exceso de la semilla que pueda ser consumida por roedores, insectos y otros agentes.
2. Condiciones favorables a la germinación.
3. Condiciones favorables al crecimiento de renuevos

La diseminación tiene que ser abundante. En algunas especies, la destrucción de semilla por insectos, roedores y animales domésticos, es enorme. La diseminación natural de la "casuarina" por ejemplo, es muy abundante, pero el consumo de semillas por las hormigas es tan grande que la planta no se reproduce naturalmente donde este insecto está establecido. Es probable que otros factores contribuyan también al fracaso de la regeneración.

Humedad, calor y aire en proporciones adecuadas en el suelo, son indispensables para la germinación. Estos factores pueden ser controlados

parcialmente en el proceso de aprovechamiento y extracción de los productos del bosque.

El desarrollo de las plántulas, requiere condiciones favorables de humedad, fertilidad e iluminación, las cuales pueden ser promovidas mediante el tratamiento que se dé al monte durante el proceso de cortar y extracción.

El silvicultor debe tener una idea clara de los requerimientos naturales de cada especie, principalmente en lo que se refiere a la reproducción, así como conocer los efectos de los métodos que se emplean en la preservación de las condiciones requeridas (Fors y Reyes, 1947).

Factores externos que influyen en la germinación

La semilla madura solo puede germinar cuando las condiciones externas son favorables; los principales factores externos que afectan la germinación son:

a) Agua. Una cantidad abundante de agua es un requisito de primordial importancia, debido a que es necesaria para debilitar la cubierta, hidrolizar las sustancias de reserva y elevar el contenido de humedad de las semillas de las coníferas desde alrededor del 10 %, cuando las semillas se dispersan, hasta 45%, humedad requerida para la germinación pueda comenzar.

b) Oxígeno. La intensa respiración de las semillas en proceso de germinación requiere de una dotación abundante de oxígeno; por lo general, este gas está fácilmente disponible pero su cantidad puede ser una limitación cuando la semilla está: 1) sumergida en aguas estancadas; 2) profundamente enterrada, o 3) en un suelo excesivamente fertilizado que produce grandes cantidades de CO₂. Los requerimientos de oxígeno varían mucho, pero en general los problemas surgen en suelos de baja prosperidad o demasiada humedad.

c) Dióxido de carbono. Los altos niveles de CO₂ retardan la germinación, debido a la inhibición de la respiración; por esta razón, las semillas se deben almacenar dentro de envases sellados, de tal modo que las pequeñas cantidades de dióxido que se desprendan debido a la respiración de las semillas maduras y secas no afecten la germinación de la semilla. La mayoría de los suelos ricos en materia orgánica tienen altos niveles de este gas, que pueden saturar la atmósfera edáfica en los horizontes profundos.

d) Temperatura. La germinación de la mayoría de las semillas de árboles puede producirse dentro de una escala más o menos amplia de temperatura. Ésta es más rápida cuando la temperatura se encuentra en el rango de 25 a 40 °C . La velocidad de la germinación no necesariamente se incrementa al elevarse la temperatura y se ha descubierto que la germinación se produce mejor, en general, cuando la temperatura fluctúa y no permanece constante. Las semillas secas son muy resistentes a los efectos nocivos de las temperaturas extremas; sin embargo,

cuando las semillas están embebidas y en germinación, estas temperaturas pueden ser letales.

e) Luz . Las semillas de las especies forestales, generalmente germinan tanto en la luz como en la oscuridad; existen datos contradictorios acerca del efecto del fotoperiodo y la luz sobre las semillas de los árboles, pero esto no es extraño, ya que puede demostrarse que algunas semillas, que usualmente no son sensibles a la luz, pueden sensibilizarse si se les mantiene a una cierta temperatura bajo condiciones de imbibición (Daniel et al, 1982).

La provisión para el inicio de la regeneración natural

Smith y Larson (1997) señalan que la regeneración exitosa, ya sea natural o artificial, solo puede ocurrir si la cantidad de individuos es correcta y el espaciamiento y crecimiento libre, están disponibles para el desarrollo y establecimiento subsecuente de las especies deseadas. El objetivo es crear espacios, lo cual no es meramente favorable a las especies deseadas, pero es más favorable a ellas que a cualquier otras. Este objetivo se lograría si se creara un ambiente favorable donde las especies deseadas iniciaran su desarrollo y entonces crecerían más rápido en altura que cualquier otra vegetación competitiva. Si esta meta siempre pudiera lograrse, podrían evitarse operaciones futuras costosas.

Establecimiento y desarrollo de las plántulas

El desarrollo de las plántulas, desde su germinación hasta su establecimiento, es el periodo más crítico del proceso de regeneración de un bosque. La mayor mortalidad ocurre durante este lapso. En las coníferas este lapso es relativamente largo, lo que se refleja en índices de mortalidad superiores a los de las latifoliadas y herbáceas (Daniel *et al.*, 1982).

Durante esta etapa se pueden distinguir los siguientes periodos:

Etapas

Etapas
Su duración es de unas cuantas semanas e inicia cuando la plántula emerge de la superficie del suelo y dura hasta que el hipocotilo adquiere una consistencia dura y firme.

El alto porcentaje de mortalidad potencial de las plántulas de coníferas en esta etapa, se debe en gran parte al daño producido por el calor, al damping-off, a daños mecánicos, falta de agua en el suelo y depredación ocasionada por aves e insectos (Daniel *et al.*, 1982).

Etapa juvenil

Ésta se inicia con el endurecimiento del hipocotilo y dura varios años hasta que la plántula se establece. Durante este periodo se puede presentar daño o muerte de la planta, debido a varios factores, siendo los más importantes (Daniel *et al.*, 1982):

- a) La sequía.
- b) Carencia de luz suficiente.
- c) Altas temperaturas.
- d) Heladas y el levantamiento por el hielo.
- e) Ahogamiento por caída de hojas o nevadas.
- f) Ataque de insectos y enfermedades.
- g) El fuego.
- h) Daños ocasionados por animales.

La sucesión vegetal y la silvicultura

La silvicultura ha sido definida como “el manejo científico de los bosques para la producción continua de bienes y servicios” (Jardel y Lázaro, 1989). Esta definición no solo incluye la producción de madera, sino también de productos no maderables como la resina, el alimento, el forraje, la fauna silvestre, el agua y también los factores llamados “intangibles”, como el paisaje y las condiciones para la recreación al aire libre.

En la actualidad, existe una tendencia cada vez más marcada a considerar el manejo de los bosques como una actividad integral y, en ese contexto, la ecología forestal es la ciencia que provee los fundamentos de la silvicultura (Jardel y Lázaro, 1989).

Jardel y Lazaro (1989) definen la sucesión como la secuencia de asociaciones vegetales o grupos animales en el espacio o en el tiempo. En los ecosistemas forestales podemos definir este fenómeno como el cambio de la estructura y composición de las especies de un bosque en el tiempo y el espacio.

La secuencia de reemplazamiento de especies de plantas o tipos de vegetación ha sido observada y descrita desde hace ya mucho tiempo. Es ampliamente conocido que cuando un campo agrícola se abandona, se cubre primero de vegetación herbácea y más adelante puede irse poblando por arbustos y árboles hasta convertirse en un bosque.

La sucesión vegetal es la transición ordenada de una comunidad vegetal a otra, específicamente cuando una localidad forestal es reemplazada por otra mejor adaptada. Generalmente, una comunidad temporal es reemplazada por otra relativamente más estable, hasta que se llega a un equilibrio dinámico entre las plantas y el medio ambiente. Sin embargo, es posible que una comunidad relativamente estable sea reemplazada por una comunidad temporal. El concepto actual establece que la estabilidad de las diversas etapas de una sucesión es relativa porque las perturbaciones son fenómenos naturales (Harold, 1984).

El ciclo sucesional

Ruth y Harris (1979) señalan que en la mayoría de las asociaciones vegetales de las coníferas, la sucesión forestal se muestra después de algunos disturbios tales como: explotaciones forestales, incendios, huracanes, ataque de insectos, derrumbes, retrocesos glaciales o aumento del nivel del mar.

La sucesión forestal primaria ocurre después de la nueva exposición de tierra árida o estéril; por ejemplo, por el retroceso glacial, aumento del nivel del mar, formación de cárcavas o derrumbes. Al principio habrá poca o nada de vegetación, ni habrá materia orgánica; el suelo estará pobremente desarrollado y puede carecer de poblaciones de fauna.

La sucesión forestal secundaria ocurre después del rompimiento de una comunidad forestal. Es algo que se da por la nueva exposición de la tierra (Ruth y Harris, 1979).

Etapas del proceso de sucesión

Según Martínez (1985), es reconocida la dinámica natural de muchos ecosistemas forestales y el papel de las perturbaciones, así como de la sucesión puede ser interpretada como un ciclo. Suponiendo que los bosques de todo el mundo sean fundamentalmente similares en sus patrones y procesos de cambio, pueden definirse en términos generales tres fases de este ciclo: la de apertura de

claros, la de construcción y la de madurez. En estas distintas fases pueden identificarse especies características, adaptadas a las condiciones que predominan en cada etapa, y cuyos principales atributos adaptativos se refieren a sus estrategias de dispersión, colonización y crecimiento en condiciones de competencia por luz y otros recursos.

a) *Apertura de claros*. El ciclo de desarrollo de un bosque se inicia con la apertura de un claro, debido a alguno de los factores ya mencionados. Ésto modifica las condiciones de cantidad y calidad de luz que llega al suelo, la temperatura, la humedad del aire y del suelo, el microrrelieve y el perfil del suelo, la competencia de raíces, etc., y por lo tanto, el ambiente en el que se desarrollarán las plantas.

Un claro es colonizado por las especies cuyas plántulas o semillas estaban presentes antes de su apertura, por los retoños de tocones, o por las semillas de las plantas que crecen en los lugares vecinos. La composición del rodal colonizante depende del tamaño del claro y es básica la disponibilidad de semillas, dentro de un espacio dado de dispersión. El tamaño del claro y las características de la perturbación son elementales. La composición florística inicial es determinante del rodal que se establece, cuando hay pocos daños en el suelo y la vegetación recubre rápidamente el sitio. Sin embargo, la situación cambia en un lugar más alterado (por ejemplo, un terreno desmontado y cultivado), donde ha disminuido o desaparecido la vegetación original y se han modificado significativamente las condiciones edáficas.

b) *Fase de construcción.* Después de la colonización de los claros, la siguiente fase del proceso sucesional en el bosque es la de construcción. En esta etapa se establecen las plantas pioneras y van aumentando parámetros tales como la biomasa y la diversidad de especies. El control de la vegetación sobre el flujo de energía y los ciclos biogeoquímicos en el ecosistema, aumentan respecto a la fase de establecimiento. Las condiciones ambientales también cambian en el sotobosque y producen, en consecuencia, el establecimiento de nuevas plántulas y la sustitución de unas especies por otras. La competencia no se da sólo entre especies sino también entre individuos. Algunos árboles comienzan a ganar el dosel con sus copas y suprimen el crecimiento de otros. La diferenciación de las copas da lugar a la muerte de algunos individuos en un proceso de autoaclareo, en el que el arbolado disminuye en número, pero aumenta en biomasa.

c) *fase de madurez.* La fase final del ciclo sucesional es la de madurez, en la cual el bosque alcanza una estructura y composición complejas y relativamente estables. Sin embargo, aún en esta fase, los cambios continúan con los procesos de autoaclareo y mortalidad, y se modifica la abundancia relativa de las especies, que cambian en un ámbito de microsucesión. Se han hecho diversos intentos para identificar en el terreno a los rodales maduros o de viejo crecimiento, pero no existe aún una forma totalmente satisfactoria de hacerlo; de manera empírica, se puede identificar la fase de madurez en un sitio donde no se han presentado perturbaciones fuertes por un período considerablemente largo. Donde los árboles alcanzan diámetros y alturas grandes, la riqueza de especies es alta, predominando las especies tolerantes a la sombra y pudiéndose observar

plántulas juveniles de estas mismas especies en el sotobosque y, por lo general, se presenta una estructura de edades en forma de “ J “ invertida (Martínez 1985).

Teoría del monoclimax

Jardel y Lázaro (1989) mencionan que de acuerdo con esta teoría, las comunidades bióticas son un superorganismo altamente integrado, que sigue un desarrollo gradual y progresivo, similar al de un organismo individual, desde su surgimiento hasta alcanzar el estado de madurez, denominado clímax. En este proceso, los cambios ambientales provocados por las especies pioneras favorecen el establecimiento de nuevas especies, y así sucesivamente, de tal modo que el desarrollo de la comunidad es autogénico, además de ordenado, predecible y unidireccional.

Los primeros estados de la sucesión son determinados por los factores abióticos, pero mientras avanza, el proceso pasa a ser controlado por la propia comunidad y por las interacciones bióticas. Al alcanzar el clímax, la comunidad está en equilibrio con las condiciones climáticas y edáficas; la regresión solo es posible si ocurre una perturbación que reinicie el proceso (Jardel y Lázaro, 1989).

El clímax

Según Spurr y Barnes (1982) la última etapa de la sucesión se denomina clímax. Este es un estado teóricamente final, maduro, estable, auto mantenido y

auto reproductor de desarrollo vegetativo, en el que culmina la sucesión vegetal sobre cualquier localidad, También señalan que la comunidad clímax es un estado firme, relativamente estable. Es por ello que la noción de este concepto ha sido cuestionada, comentándose que no existe un estado final de la sucesión, sino que el proceso de cambio es continuo en el ecosistema. Según Jardel y Lázaro (1989), el clímax es solo una entidad hipotética; la comunidad autopetuada de especies tolerantes que regeneran bajo su propia sombra, en la práctica nunca alcanzan áreas grandes debido a catástrofes repetidas que al abrir nuevos claros reinician el proceso sucesional.

El estado estable, la condición en la que no existe un cambio neto en parámetros como la biomasa, la productividad, la respiración o la diversidad del ecosistema, nunca se alcanza, más que en forma aproximada, en un sistema que sufre cambios a largo plazo.

Ciertas nociones como la de “equilibrio ecológico”, deformadas por un uso excesivo e inadecuado, deben desecharse. Es importante entender que los ecosistemas son dinámicos y que existen propiedades como la elasticidad y capacidad de regeneración, primordiales para el manejo y conservación de los ecosistemas y sus recursos.

El concepto de clímax debe reconsiderarse. En primer lugar, es válido sólo en la escala de ecosistema, no de sus componentes. Esto es, que en el caso de ecosistemas forestales, sería válido hablar del clímax de un bosque pero no de un

rodal. Acerca de este último se hablaría de estados sucesionales tempranos o avanzados o bien de alguna fase antes descrita. El clímax corresponde a una fisonomía que se mantiene constante en términos generales, relacionada con una máxima capacidad de desarrollo de la comunidad, bajo determinadas condiciones climáticas y edáficas. Ciertas propiedades, como la razón entre producción y respiración, la biomasa, la composición y la diversidad de especies, se mantienen constantes, pero sólo en el ámbito del ecosistema (Jardel y Lázaro, 1989).

La vegetación dominante que se presenta como clímax sobre una localidad particular, está compuesta de las especies más tolerantes capaces de ocupar la localidad y además la vegetación clímax puede ser reemplazada por otra composición similar si es perturbada, siempre y cuando la capacidad productiva no haya sido alterada (Harold 1984).

Dinámica natural de los bosques

Aunque los bosques parecen bastante estáticos en términos de la percepción humana del tiempo, en realidad están en constante cambio. En los bosques maduros se ha encontrado un proceso de microsucesión mediante el cual cambia la abundancia relativa de las especies presentes (Jardel y Lázaro, 1989).

Spurr y Barnes (1982) mencionan que resulta cada vez más claro que el bosque nunca es estable, sino que permanece como una comunidad dinámica en las últimas etapas de sucesión, al igual que en sus inicios. Como sucede en el

bosque compuesto de especies arbóreas pioneras intolerantes, una comunidad formada por especies arbóreas tolerantes, se encuentra cambiando constantemente tanto en su composición y estructura, como en la fauna y flora asociada, pero el cambio en sí es todavía característico de cada comunidad.

Se ha descubierto que en los bosques tropicales, la caída de árboles por la vejez o por el efecto de vientos fuertes, es un factor común que induce a la apertura de claros y el desencadenamiento del proceso sucesional. En la región del Caribe, las perturbaciones periódicas causadas por huracanes son una etapa integral del crecimiento y desarrollo de los bosques. En el noreste de los Estados Unidos, la influencia del viento en la mortalidad del arbolado determina un patrón cíclico de regeneración en el bosque de *Abies balsamea*; asimismo, se ha establecido una periodicidad de incendios que cada cuatrocientos o quinientos años provoca el reinicio de la sucesión en el bosque de *Pseudotsuga menziesii*.

En México se ha observado el papel del fuego en el mantenimiento del bosque de *Pinus patula*, ya que detiene su reemplazo por latifoliadas, así como el efecto de la corta selectiva, que acelera el reemplazo de pinos por encinos, y la influencia de la tala y el fuego en la estructura y composición del bosque de coníferas.

Estos son sólo algunos ejemplos de la importancia de las perturbaciones como motor del cambio sucesional; un proceso continuo en la dinámica de los ecosistemas forestales (Jardel y Lázaro, 1989).

Preparación y tratamiento del sitio

Smith y Larson (1997) mencionan que teniendo en cuenta la regeneración de rodales, se hace énfasis sobre el patrón lógico y tradicional por el cual la preexistencia del dosel del rodal es removido. En este caso no debe esconderse el hecho que la regeneración pueda también depender de medidas y acciones del manejo de desperdicios, ya que reduce la improductividad de la vegetación y prepara el sitio. Algunas veces esto es lógico, de manera similar a la preparación del suelo para nuevos bosques, así como para la agricultura; no obstante, es necesario recordar que la mayoría de las especies de árboles corresponden a un estado sucesional mucho más tardío, que la mayoría de los cultivos agrícolas, las cuales principalmente son herbáceas pioneras adaptadas a la colonización en suelos severamente disturbados. El daño al suelo muchas veces también es considerado.

A menudo puede obtenerse regeneración aceptable sin aplicar tratamiento alguno al sitio, pero es importante distinguir entre la ausencia total de tal preparación y los buenos resultados (involuntarios) del aprovechamiento y el manejo de los desperdicios o las quemas prescritas que se realizaron para la reducción del combustible. Esto no quiere decir que los efectos del aprovechamiento, manejo de combustibles y quemas prescritas siempre facilitan la regeneración; también se deben considerar las características intrínsecas de la regeneración a lo referente a su capacidad de establecimiento y desarrollo inicial. (Smith y Larson, 1997).

El tratamiento del sitio puede ser más decisivo en el establecimiento de la regeneración, que cuando el dosel es cortado; por ejemplo, muchas especies pueden ser reproducidas por varias y diferentes intensidades y patrones espaciales del aprovechamiento del estrato superior, pero solamente por un programa general de tratamiento de sitio. La importancia del objetivo es prescribir y crear condiciones ambientales conducentes al establecimiento y desarrollo de las especies deseadas. El esfuerzo puede desgastarse si las técnicas de la preparación del sitio son exageradas, ya que algunas de éstas tienen traslape de objetivos y pueden también ser destinadas para otros propósitos en lugar del crecimiento de árboles (Smith *et al.*, 1997).

Capó (1999) menciona que la preparación del sitio en la silvicultura equivale al barbecho en la agricultura. Sería absurdo sembrar en tierra no barbechada ni roturada. Los objetivos de la preparación del sitio pueden ser variados, acentuándose su importancia en lograr una mejor regeneración natural. A continuación se mencionan los siguientes propósitos de una adecuada preparación del sitio:

1. Reducir la competencia de plantas no deseadas.
2. Crear micrositios favorables para la especie deseada.
3. Reducir el peligro de daño por animales.
4. Controlar enfermedades o plagas.
5. Deshacerse de residuos de operaciones de aprovechamiento.

6. Reducir o evitar compactación del terreno o mejorar el drenaje o la infiltración.
7. Facilitar las operaciones en caso de plantación.
8. Remover el horizonte orgánico para aprovechar el suelo mineral.

Es muy difícil que estos ocho objetivos juntos puedan alcanzarse en un sitio determinado simultáneamente, por lo tanto, deben establecerse primero los objetivos de esta acción particular, basándose en los problemas prioritarios que se desean resolver (competencia, compactación del suelo, daño animal, etc.) Analizar después las posibilidades de cada método de preparación.

Métodos para la preparación del sitio

Según Smith y Larson (1997), la preparación del sitio es un término que describe a los tratamientos aplicados a los desechos de la corta, al estrato de la vegetación a nivel del suelo y al ordenamiento del suelo forestal; éstos hacen al sitio apto para la plantación o regeneración natural. La mayoría de los tratamientos de preparación, son aplicados durante el periodo de establecimiento de regeneración, pero algunos son iniciados durante el aprovechamiento o aplicados ocasionalmente en todas partes de la rotación. Otros tratamientos de sitios que no están necesariamente enfocados en el establecimiento de la regeneración, pueden ser clasificadas como técnicas que tienen que ver con: 1) la protección de la erosión del sitio o sostenimiento de su productividad, y 2)

restauración o cambio de la productividad de un sitio a través del uso de técnicas que, por ejemplo, conviertan una pradera en bosque o viceversa.

Los tratamientos al sitio más importantes pueden dividirse como sigue:

- 1.- Manejo y colocación de los desechos o desperdicios de la corta.
- 2.- Tratamiento del suelo forestal y la competencia de la vegetación.
 - a) Quemas prescritas.
 - b) Tratamientos mecánicos.
 - c) Tratamientos a través de herbicidas (químicos).
 - d) Inundación.
- 3.- Mejoramiento del sitio.
 - a) Fertilización.
 - b) Drenaje .
 - c) Riego.
 - d) Protección.

Capó (1999) señala que dependiendo de cual sea el o los objetivos de esta actividad, pueden utilizarse métodos mecánicos (incluyendo manuales), químicos (herbicidas) o fuego controlado para preparar el sitio y asegurar la máxima tasa de sobrevivencia y crecimiento de la regeneración. También pueden usarse estos métodos combinados.

El uso de métodos mecánicos, incluyendo los manuales tiene la ventaja de adaptarse a cualquier situación. Se puede simplemente limpiar un círculo de un metro de diámetro alrededor de la cepa (en caso de plantación), usando un azadón o un talache, o se puede desbrozar todo el terreno con bulldózer. El uso del fuego requiere de personal entrenado, pero es el método más barato. Los métodos químicos requieren de usarse en combinación con otros para ser efectivos (Capó, 1999).

Según Smith y Larson (1997), las quemas prescritas, la preparación mecánica del sitio y las inundaciones, son las técnicas con que el suelo del bosque y la vegetación competitiva pueden tratarse simultáneamente.

Disturbios

Rzedowski (1978) señala que un disturbio es la alteración de la vegetación producida directa o indirectamente por el hombre. A su vez, Spurr y Barnes (1982) mencionan que en cualquier región forestada, las perturbaciones, sean de una clase u otra, se encuentran alterando continuamente el curso de la sucesión forestal e iniciando una sucesión secundaria.

Las perturbaciones que padece un bosque pueden ser agrupadas en tres clases: primero, las que alteran la estructura; segundo, las que alteran la composición de las especies, y tercero, aquellas que alteran el clima en el cual crece el bosque a largo plazo (Spurr y Barnes, 1982).

Los agentes bióticos causantes de disturbios, incluyen los organismos que causan enfermedades, insectos, nemátodos, plantas parásitas, aves y mamíferos, incluyendo al hombre. Los agentes abióticos incluyen al viento, fuego, derrumbes, (avalanchas), inundaciones, aumento del nivel del mar, terremotos, entre otros. Un solo agente o la combinación de algunos de ellos, pueden ser responsables de la muerte de los árboles. Cuando los agentes destructivos interfieren con el uso que se le está dando al bosque, entonces ellos se convierten en un problema, por ejemplo, cuando los bosques son manejados para la producción de madera, acuacultura, fauna silvestre, recreación, protección de vertientes de agua, estética u otros usos económicos o social, puede resultar que haya pérdidas de los procesos naturales de los bosques (Ruth y Harris, 1979).

El papel ecológico de los disturbios naturales

En todas las fases de desarrollo del rodal, pero sobre todo en las más tempranas, debe tenerse presente que la vegetación está siendo regulada por los animales y no solamente por los árboles. Los bosques sólo crecen donde el clima es más conducente que el promedio para el desarrollo de la vegetación de la tierra. La nueva vegetación generalmente aparece solo después de algún disturbio, donde se ha eliminado total o parcialmente la vegetación preexistente; esto es porque las plantas perennes leñosas, una vez bien establecidas, solo la muerte de algunas de ellas pueden crear espacios para los nuevos individuos, y así tener un crecimiento rápido (Smith y Larson, 1997).

Según Rodríguez (1996), los diferentes disturbios que afectan a los ecosistemas forestales pueden clasificarse como sigue:

a) **El fuego como disturbio natural.** El estado incandescente es muy común en el universo y lo ha sido desde su origen, recuérdese que los constituyentes primordiales del universo son materia y energía, permaneciendo el fuego a esta última. Desde antes que la vida apareciese en el planeta, ya existían agentes de ignición.

Posteriormente al origen de la atmósfera, a la formación de los mares y a la aparición de la vida en éstos, los vegetales colonizaron la superficie terrestre hace unos 345 millones de años y con ello, comenzaron los incendios en la vegetación terrestre, originados por rayos, erupciones volcánicas, arribo de aerolitos, chispas producidas por caídas de piedras, fragmentos de cometas y tal vez, combustión espontánea.

Así, el fuego forma parte del complejo ambiente abiótico que, junto con el biótico, han influenciado sobre la evolución de las especies, sin perder de vista que algunos factores limitativos (agua, por ejemplo), son más importantes que otros para la generalidad de organismos.

b) **Disturbios de origen espacial.** Entre estos disturbios, se tienen impactos de cometas o fragmentos de éstos, así como de aerolitos. Se debe recordar que una de las teorías más aceptadas para explicar la súbita desaparición de los

dinosaurios, señala que la caída de un enorme aerolito hace 64 millones de años, provocó su explosión y además la mortandad generalizada de seres vivos, levantando tal cantidad de polvo y vapor de agua que impidió el paso de la luz solar durante varios meses, causando mortandad entre la vegetación, originada por incendios forestales.

c) **Disturbios de origen atmosférico.** Entre estos disturbios de origen atmosférico, que también podrían denominarse climáticos y/u originados por el tiempo atmosférico, están huracanes, tornados, trombas, vientos, sequías, heladas, glaciares (influyendo en este caso la latitud, longitud y/o altitud), glaciaciones, tormentas, granizadas, nevadas, inundaciones de agua dulce o salada, erosión, avenidas, avalanchas, incendios forestales originados por rayos, y otros fenómenos. En las avalanchas, la fuerza de gravedad también ejerce influencia para que se presente el disturbio, al acumularse mucho material (nieve, por ejemplo), que por la forma y pendiente del terreno no puede ser retenido.

d) **Disturbios de origen geológico.** Entre estos disturbios se pueden reconocer erupciones volcánicas, efusiones de lava a través de fracturas, sismos, movimientos de masas continentales, entre otros. La lava tiene un efecto destructivo directo, cubriendo la vegetación y con sus altas temperaturas, además de daños, puede llegar a iniciar incendios.

e) **Disturbios de origen biológico.** Dentro de los disturbios de este origen están plagas (insectos, ácaros, animales superiores), depredación excesiva,

enfermedades (hongos, bacterias, virus) y plantas parásitas. Las fluctuaciones explosivas naturales de poblaciones de insectos, herbívoros, depredadores y otros son considerados disturbios naturales.

f) **Disturbios de origen humano.** Este tipo de disturbio es el más reciente en la historia de nuestro planeta, pero es también el más variado y uno de los más devastadores, y se puede ejemplificar con la contaminación del aire, agua y suelo, afectando a vegetales y animales en todo tipo de ecosistemas, y provocando con ello, el calentamiento global derivado de la contaminación del aire. Asimismo, puede incluirse el cambio de uso del suelo, de forestal a agrícola, pecuario, urbano, suburbano e industrial, además de sobrepastoreo, aprovechamiento forestal, pero especialmente el uso irracional de los recursos naturales, por citar solamente algunos disturbios.

g) **La declinación forestal.** Este fenómeno es considerado por gran parte de los científicos que estudian el problema, como la combinación de diversos factores naturales (plagas, climáticos, etc.) con contaminantes (ozono, lluvia ácida, etc.). Como resultado se afectan masivamente enormes extensiones de bosques en muchas partes del planeta (Rodríguez, 1996).

Los métodos de regeneración y su similitud con los disturbios naturales

Han sido en los métodos de regeneración natural, en los que se confía el establecimiento o la liberación de la regeneración, tanto por medio de semilla

como por partes vegetativas, a partir de los mismos rodales o rodales adyacentes. En estos métodos, se llevan a cabo manipulaciones del dosel del bosque para favorecer o afectar a la regeneración. Estas manipulaciones simulan el tipo y tamaño de una perturbación natural que logra los mismos resultados (Smith y Larson, 1997).

Los disturbios naturales también establecen las diferencias en cuanto al grado de afectación que existe entre los métodos de regeneración, los cuales son: matarrasa, árboles padres, cortas sucesivas, selección y mote bajo, por ello es importante considerar el nombre del método. El método de regeneración matarrasa, refleja regímenes de perturbación severos que quitan la vegetación completamente. La regeneración depende de propágulos inactivos que están en el banco de semillas en el sitio o son acarreados por el viento, agua o animales vectores que transportan cantidades grandes de semilla de rodales adyacentes. Los ejemplos de disturbios naturales que el método de matarrasa simula, son incendios catastróficos y derrumbes. Los cuatro métodos de regeneración simulan disturbios naturales, los cuales difieren con el método de selección, quedando así en una posición de balance (Smith y Larson, 1997).

Competencia

Cano (1988) señala que tomando en cuenta que en un espacio determinado de suelo y el correspondiente espacio que lo cubre, se encuentra un número limitado de nutrientes, agua y luz, la competencia es la batalla entre los árboles

(árbol individual y sus vecinos) que existe para apoderarse de estos elementos. El hecho de que un árbol tenga vecinos a su alrededor no significa una competencia en forma automática. Ésta se inicia a partir del punto en el cual la oferta de este elemento por parte del hábitat es menor que la demanda de los árboles.

La competencia es importante porque afecta el desarrollo de cada árbol de la masa en forma individual, y por lo tanto, está estrechamente ligada con la calidad de cada árbol; la cual se representa con forma, vigor y el crecimiento e incremento en diámetro, principalmente. Esto es importante en vista de que, para la producción de madera para aserrío y otros productos más allá de la simple agregación de material fibroso neto, se trata de obtener árboles de mayor tamaño en un periodo determinado, generalmente denominado turno (Cano, 1988).

Spurr y Barnes (1982) mencionan al respecto que los cambios en la estructura y la composición del bosque son el resultado de la constante demanda que tiene cada árbol por más espacio y de la muerte eventual de otros individuos, incluso los más dominantes. El aumento constante de tamaño de los árboles principales de la localidad provoca la competencia por el espacio de crecimiento, que trae como resultado una disminución para la mayor parte de las especies por limitaciones espaciales y eventualmente, su desaparición. La muerte de los árboles dominantes debido a los relámpagos, el viento, los insectos, las enfermedades e incluso el envejecimiento porción del dosel que podría ser ocupado por otras especies que componen el sotobosque mediante su crecimiento y desarrollo.

También afirma que la competencia entre los árboles de la misma especie no afecta la composición forestal, y por lo tanto, no tiene efectos sobre la forestal. La competencia entre los individuos de diferentes especies, sin embargo, da como resultado la transformación natural de una composición forestal a otra.

De acuerdo con Hocker (1984), la competencia entre las plantas se presenta cuando dos de ellas tienen demanda, sobre un solo factor y que ésta supera la capacidad de dicho factor para satisfacerlas. Si dos plantas de la misma especie y edad ocupan posiciones adyacentes en una localidad, compiten por agua, luz y los minerales del suelo. Ambas han evolucionado hacia los mismos requerimientos de nicho, y como continúan creciendo e incrementando su tamaño, cubrirán su natural espacio de crecimiento y eventualmente, una invadirá el de la otra y viceversa.

Si dos plantas de especies diferentes ocupan posiciones adyacentes en una localidad, pueden competir por la luz y la humedad, pero como sus requerimientos minerales son ligeramente diferentes, pueden complementar su abastecimiento de minerales y otras necesidades, presentando poca o ninguna competencia, ya que sus requerimientos de nicho evolucionan de diferente forma. Por lo tanto, la competencia se presenta entre los individuos de la misma especie (intraespecie) o entre distintos individuos (interespecie) (Hocker, 1984).

La competencia de la vegetación no deseada, puede impedir la regeneración de coníferas. La vegetación del estrato inferior está presente bajo

los rodales maduros, sobre todo en aquellos más abiertos, y las plantas proliferan cuando el estrato superior es removido. El rol de la vegetación competitiva se desarrolla durante dos periodos en etapas fenológicas tempranas de los rodales: primero, la preparación del sitio durante o inmediatamente después del aprovechamiento y antes de que la regeneración se haya establecido; segundo, para liberar los renuevos si ya han sido suprimidos por vegetación que crece más rápidamente. Las estrategias para el control de la vegetación competitiva difieren por dos situaciones: en el primer periodo no hay ninguna plántula a ser protegida; y en el segundo los daños a las plántulas deben evitarse (Ruth y Harris, 1979).

Nambiar y Sands (1993) discuten la competencia por el agua y nutrientes entre los árboles, usando ejemplos de las interacciones entre los árboles y las malezas en los bosques de producción así como por los árboles y pastos en los sistemas agroforestales. La competencia por el agua y nutrientes por una planta es registrado como un déficit de agua o de nutrientes. Este déficit es causado por el agua y nutrientes que no se proporcionan a la planta con una proporción requerida para el crecimiento máximo. Esto puede causarse por las deficiencias primarias de agua y nutrientes en el suelo, así como por la competencia de otras plantas. No es probable distinguir las causas, y por consiguiente las adaptaciones de la planta para crecer en ambientes deficientes en agua o nutrientes.

En el aprovechamiento forestal, inevitablemente se provocan espacios libres crecientes, al menos temporalmente. Incluso en las cortas más fuertes puede haber competencia más seria, sin embargo, mientras exista potencial de la

vegetación no deseada, podría inferirse de apariencias exteriores, o debido a la severidad del corte, puede haber también vegetación baja que consiste en céspedes, plantas herbáceas o el crecimiento de árboles indeseados. Finalmente, si poca o ninguna vegetación permanece y si el sitio es bastante favorable para las plantas, el espacio está abierto para la invasión de especies indeseadas. Los arbustos bajos, los céspedes y cualquier otro tipo herbáceo, no proyectan tanta sombra como los bosques cerrados, pero pueden causar competencia en la raíz (Smith y Larson, 1997).

Evaluación de vegetación

Los estudios de medición son especialmente eficientes para determinar el crecimiento del bosque y la dirección de los cambios sucesionales en términos de tipo de cobertura, condiciones de rodal y otras características forestales. Las mediciones de la vegetación también permiten evaluar la eficiencia del manejo pasado. Tales mediciones son la base para regular a los bosques a lo largo del tiempo, lo cual es un aspecto básico de la dasonomía (Young, 1991). Para la evaluación de especies arbustivas y herbáceas, lo más común en trabajos forestales es utilizar el esquema del muestreo forestal, el cual se basa en parcelas de área fija, que normalmente son cuadros de 4 x 4m , o círculos de 28.27 m², para el caso de arbustos, y para el caso de herbáceas pueden utilizarse cuadros de 1 m² o círculos de 4.08 m² , además de métodos de distancia o líneas de intercepción (Wenger, 1984).

Muestreo de regeneración

Los conceptos de muestreo y medición son básicos para la práctica de la dasonomía. Un terreno forestal puede considerarse simplemente como una población de árboles, sin embargo, con frecuencia el tamaño del terreno o el número de árboles es tan grande que el censo o contabilidad de todos ellos y sus características, resulta poco práctico. En consecuencia, los técnicos forestales tienen que basarse en técnicas para extraer muestras representativas de árboles de la población (Young, 1991). Para la evaluación del renuevo, pueden utilizarse sitios circulares o cuadrados, los cuales pudieran estar distribuidos en forma independiente de los sitios para evaluar arbolado, si el muestreo es aleatorio pueden ser sitios concéntricos a los sitios de los árboles y los tamaños varían de 50 a 100 m² (Carrillo, 1991).

Trabajos afines

Chacón (1979) analizó la respuesta del ecosistema, al aplicar la técnica silvícola denominada cortas de regeneración mediante árboles padres, en la zona que localizada en el área experimental forestal “ Madera” en el municipio de Madera, Chihuahua, en una masa forestal mezclada de pino-encino. Para tal evaluación se emplearon parcelas cuadradas de 50 por 50 m, con una separación de 5 m; el experimento contó con 15 parcelas, lo cual representa una superficie total de 4.76 ha.

El estudio comprendió cinco tratamientos con tres repeticiones bajo el diseño de bloques al azar. Los tratamientos se consideraron tomando en cuenta el número de árboles que se dejaron como progenitores, por lo que el tratamiento A presenta 4 árboles portasemillas por hectárea, el B 8, el C 12, el D 16, y por último, el E con 20 árboles. Se efectuaron tres remediciones, empleándose el método de “Duncan” para determinar la significancia y las diferencias entre los tratamientos aplicados. Los resultados obtenidos de las tres remediciones son :

- a) En noviembre de 1980 se detectó un total de 19,800 plántulas por hectárea.
- b) En mayo de 1981 se efectuó la segunda remediación, presentando un total de 16,800 plántulas por hectárea.
- c) En noviembre de 1981 en lo que fue la última remediación, se tuvieron 14,000 plántulas por hectárea.

El autor considera que la disminución de plántulas por hectárea, fue causada posiblemente por las bajas temperaturas, conjuntamente con las nevadas que se suscitaron en 1980 así como al pastoreo y a la competencia de la regeneración de pino con el estrato herbáceo. En este trabajo se concluye, que el tratamiento más adecuado para esas condiciones ecológicas es el E, o sea, el de 20 árboles por ha. Este tratamiento se definió como el mejor, ya que considerando el análisis de los aspectos climatológicos, topográficos y agentes de disturbio, así como la relación que hay entre el estrato herbáceo y la regeneración en cuanto a la lucha por los nutrientes y la luz, se definió así a este tratamiento como el mejor ya que al obtener los resultados de la última remediación presentó

una densidad de 3.52 plantas por m², la cual es adecuada sobre todo si se consideran las condiciones después de haber sufrido la mortandad por los efectos ya mencionados.

Valencia (1992) llevó a cabo un análisis de la regeneración natural, después de aplicar el tratamiento de árboles padres en el área conocida como el “Cucharo”, en la sección II de Atenquique, en el estado de Jalisco. En el trabajo se empleó un muestreo sistemático, con sitios circulares de 50 m² y una intensidad de muestreo del 16 %. La toma de datos se dividió en dos partes: 1) datos ecológicos (pendiente, exposición, hojarasca, competencia de la vegetación herbácea, pedregosidad, desperdicios y disturbios); 2) datos dendrométricos (número de plántulas por hectárea, altura de la regeneración, edad, número de árboles padres). El análisis de la información fue mediante regresión simple, resultando que las variables independientes significativas en el análisis de regresión, fueron: grosor de hojarasca, competencia de la vegetación herbácea, piedras por metro cuadrado y árboles padres por hectárea. Asimismo, estableció las siguientes conclusiones:

- a) La competencia interespecífica fue el factor que más influyó en el establecimiento y desarrollo inicial de la regeneración.
- b) Se observó que el número de árboles padres por hectárea, no presenta respuestas significativas en la regeneración si las condiciones de la cama de germinación son inadecuadas.

- c) Labores complementarias al tratamiento de árboles padres podría aumentar la densidad de la regeneración.

López (1997) evaluó la regeneración natural de un bosque de *Pinus rudis* Endl., mediante la estimación de las características cualitativas y cuantitativas del renuevo en cuatro áreas sujetas a diferentes intensidades de corta en Arteaga, Coahuila. Seleccionó primero para ello, tres rodales que fueron intervenidos silvícolamente en 1981 y 1983, con tratamiento de aclareo, donde empleó 10 ha para cada uno de ellos, y un rodal intervenido en 1984 con el tratamiento de regeneración mediante el método de árboles padres, el cual presenta una superficie de 4 ha.

Consideró como tratamientos, las estructuras residuales de cada rodal, empleando así el diseño experimental completamente al azar con desigual número de repeticiones por tratamiento. Para realizar dicho análisis, los sitios se consideraron como repeticiones de los tratamientos aplicados a cada rodal de estudio.

De acuerdo a las variables densidad, cobertura de copa, y área basal, tanto del arbolado como de la regeneración natural, se observó que la especie dominante es *Pinus rudis* en ese bosque, en comparación con las especies *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga sp.* Se encontró que los rodales intervenidos con el tratamiento de aclareo, presentaron una densidad de renuevos importante, conformando un segundo piso en dichos rodales.

La mayor incorporación de renuevos, en los rodales intervenidos con corta de aclareo, se presentó durante el periodo de los 6 a 10 años posteriores a las cortas.

El rodal intervenido con corta de regeneración, es el que presentó la mayor densidad de renuevos por hectárea. Este tratamiento mostró la mayor incorporación de renuevos durante los cinco años posteriores a la corta.

Nájera (2000) evaluó el efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus*, en la sierra de Arteaga Coahuila. El objetivo de dicho estudio fue evaluar el efecto de la cobertura de copa residual en tres tratamientos silvícolas aplicados a un bosque mixto de las especies, *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus rudis*, sobre el microclima y su influencia en el establecimiento de la regeneración natural de las coníferas, así como la vegetación arbustiva y herbácea en general.

Los tratamientos silvícolas evaluados fueron una corta de regeneración con el método de árboles padres, una corta de aclareo y un testigo sin tratamiento. Se evaluó la vegetación arbórea, arbustiva y herbácea, considerando la densidad y cobertura; además, el área basal en el estrato arbóreo, así como la densidad de renuevos de coníferas en cada tratamiento. Los resultados mostraron que las características evaluadas en el bosque en cada tratamiento silvícola, fueron diferentes a las del testigo, particularmente en los parámetros densidad y

cobertura arbórea. Para el caso de la condición de la regeneración de las coníferas, se presentaron diferencias por efecto del microclima así como de las características ecofisiológicas de las especies. La densidad de la regeneración disminuyó de 1,775 individuos por hectárea, en el testigo, a 1,300 en el tratamiento de aclareo y a 629 en el de árboles padres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Localización

Las áreas de estudio se encuentran ubicadas al sureste del estado de Coahuila, dentro del municipio de Arteaga, en el Cañón de Carbonera y en la Sierra de las Alazanas, pertenecientes a las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, específicamente, dentro de los terrenos de los ejidos: “Piedra Blanca”, “Rancho Nuevo”, “Santa Rita” y la pequeña propiedad “El Pilar” los cuales se encuentran entre los paralelos: 25° 26’ 54” y 100° 32’ 29”, 25° 26’ 51” y 100° 32’ 17”, 25° 15’ 45” y 100° 28’ 01” y, 25° 16’ 37” y 100° 29’ 48” latitud norte y longitud oeste respectivamente (DETENAL, 1979).

Topografía

En general la topografía de las cuatro áreas está constituida por lomeríos, laderas bajas y medias, así como valles intermontanos, con una altitud promedio de 3,000 msnm (CETENAL, 1975); la pendiente promedio de las áreas de estudio, oscila entre el 5 y el 25%.

Clima

El clima de las áreas evaluadas, de acuerdo con la clasificación de Koppen, modificada por Enriqueta García, corresponde a CX'b(e)g, interpretado como clima templado subhúmedo, con lluvias escasas todo el año, verano fresco largo, muy extremo, presentando una temperatura media de 12.7°C y una precipitación media anual de 470 mm (Mendoza, 1983).

Suelo

En las áreas de estudio pueden encontrarse dos tipos de suelo, los cuales son: litosol y rendzina; éstos presentan textura media, y el origen del suelo proviene de rocas sedimentarias calizas (CETENAL, 1976).

Vegetación

De acuerdo con CETENAL (1979b), en las áreas de estudio existe una vegetación que corresponde a un bosque de coníferas. A continuación se muestran sus especies por área y por orden de dominancia.

En la localidad de Santa Rita, para el estrato arbóreo se tiene: *Pinus rudis*, *Pinus ayacahuite* y *Abies vejari*; el estrato arbustivo está compuesto por especies

como lo son: *Agave spp*, *Rhus virens* y *Quercus spp*, mientras que el estrato herbáceo lo constituyen especies de gramíneas.

En la pequeña propiedad “El Pilar”, el estrato superior está constituido por las especies, *Pseudotsuga flahaulti*, *Pinus ayacahuite*, *Abies vejari* y *Pinus rudis*. Para el estrato arbustivo, Nájera (2000) reporta la presencia de las especies *Symphoricarpus microphylus* y *Paxistima myrsinites*, en tanto que el estrato herbáceo lo constituyen *Senecio cohauilensis*, *Achillea milleiofolium*, *Geranium crenatifolium*, *Festuca arizonica* y *Polytrichum sp*.

En la localidad “Rancho Nuevo” se registran para el estrato arbóreo las especies de *Pinus rudis*, *Abies vejari*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus ayacahuite*. El estrato arbustivo lo constituyen principalmente *Quercus spp* y en el herbáceo se encuentran especies de gramíneas y compuestas.

En el ejido “Piedra Blanca” se encuentran las especies, *Pinus ayacahuite*, *Abies vejari* y *Pinus rudis*; en el estrato arbustivo se registraron especies de *Arbutus sp*, y el estrato herbáceo está constituido principalmente por especies de gramíneas.

Hidrología

Las cuatro áreas de estudio se encuentran ubicadas dentro de la región hidrológica No. 37 de “El salado”, en la Sierra Madre Oriental, específicamente en

la región de la subcuenca “San Rafael”, la cual presenta un coeficiente de escurrimiento del 5 al 10% (DETENAL, 1981).

Metodología

Selección del área de estudio

Inicialmente se realizó un recorrido por las áreas de interés, a partir del cual se consideraron cuatro de ellas para llevar a cabo la presente investigación; esto obedece a que en estas áreas se apreciaba mejor la respuesta de la regeneración a la aplicación del tratamiento de árboles padres. Estas áreas fueron intervenidas silvícolamente en los años de 1984 en “Santa Rita”, con 5 hectáreas de superficie; en 1985 “El Pilar” con 8 ha; en 1984 “Rancho Nuevo” con 10 ha y en 1980 “Piedra Blanca” con 8 ha de superficie.

Método de muestreo

Se utilizó el diseño de muestreo sistemático en las cuatro áreas, realizando primeramente un premuestreo para determinar el tamaño óptimo de la muestra, el número de sitios a levantar y las distancias entre líneas y sitios. Las unidades de muestreo fueron sitios circulares de 1000 m² para el caso de árboles padres, y sitios circulares de 100 m² concéntricos para el caso de la regeneración, quedando las equidistancias entre sitios y líneas de 50 m, con una intensidad de muestreo del 12 %.

Ubicación y delimitación de las unidades de muestreo

Con auxilio de fotografías aéreas y ubicando previamente las áreas de estudio en el terreno, se procedió a trazar el sentido que seguirían las líneas y la ubicación de los sitios.

Para del levantamiento de los datos, se utilizaron cuerdas compensadas considerando la pendiente del terreno, y con el apoyo de una brújula, se ubicaron y delimitaron los sitios correctamente, considerando que el radio para el sitio de 1,000 m² es de 17.84 m más compensación, mientras que para el sitio de 100 m² es de 5.64 m. Una vez ubicado y delimitado cada sitio, se procedió a tomar la siguiente información:

Información obtenida del sitio de 1,000 m²

- a) **Diámetro Normal.** Se obtuvo a través de una cinta diamétrica, tomado a una altura de 1.30 m del fuste para cada uno de los árboles padres que se encontraron dentro del sitio.
- b) **Altura total.** Ésta fue determinada con el uso de una “pistola haga”, utilizando sus diferentes escalas según la distancia a la que se tomó las lecturas.

- c) **Diámetro de copa.** Esta variable fue obtenida mediante dos mediciones que se hicieron en forma cruzada, auxiliándose con una cinta métrica.
- d) **Edad.** Fue obtenida por medio del “taladro de pressler”, extrayendo el cilindro de madera o viruta, donde se procedió a contar los anillos inmediatamente, aumentando ocho años, que es la edad promedio que presentan estas especies a una altura de 1.3 m (nivel donde se introduce el taladro normalmente).
- e) **Grosor de corteza.** Con la utilización de un medidor de corteza, graduado en mm, se obtuvo esta variable, introduciendo dicho instrumento a la altura del diámetro normal.

Información obtenida del sitio de 100 m²

- a) **Diámetro de la base.** Éste se refiere al diámetro del tallo, el cual se midió a nivel del suelo, utilizando una cinta diamétrica.
- b) **Altura.** Con el uso de un flexómetro, se midió desde la base hasta la yema apical.
- c) **Diámetro de copa.** Este se determinó con el uso de una cinta métrica y/o el mismo flexómetro promediando la cobertura mayor y la menor de cada individuo.
- d) **Edad.** La edad se determinó a través del número de verticilos, considerando a cada uno como un año, eliminando los que parecieran falsos, y así aproximarse lo más posible, a la edad exacta de cada renuevo.

- e) **Vigor.** Ésta variable fue determinada con base a observación y comparación, ya que se trata de una variable un tanto relativa, para lo cual se le asignó un valor a cada individuo medido, el cual fue 1, 2 ó 3 según las características de bueno regular o malo, dependiendo en gran manera en la coloración y permanencia de follaje, así como de sus perspectivas de un buen desarrollo.
- f) **Densidad.** Se registró el número de renuevos encontrados en cada unidad de muestreo.

Descripción ecológica del sitio

Cada dos sitios se tomaron las siguientes características ecológico-silvícolas: posición, exposición, pendiente, naturaleza de la pendiente, elevación, pedregosidad, afloramiento, textura, profundidad, estructura, espesor de materia orgánica, porcentaje de suelo desnudo, erosión y disturbios, como evidencia de incendios, tipo e intensidad de pastoreo y presencia de plagas y enfermedades. La mayoría de estos datos se obtuvieron a través de la observación y algunos otros por medio de instrumentos como brújula, clinómetro, cinta métrica y reglas de medición.

Tratamiento de la información

De los datos obtenidos en campo, se laboraron dos bases de datos, una para árboles padres y otra para renuevo; estos datos fueron procesados mediante

el programa estadístico SAS (1992), generando así los resultados, que fueron interpretados posteriormente.

Se realizó un análisis de varianza para las variables de densidad, diámetro de copa, diámetro basal, altura, edad y vigor de los renuevos, considerando a cada área de estudio como tratamiento y a cada sitio de muestro como repetición. Cada área de estudio con sus características de composición de especies, densidad, cobertura y área basal de árboles padres, se constituye en un tratamiento.

Para establecer la igualdad o diferencia estadística entre tratamientos, se practicó una prueba de comparación de medias de Tukey.

El diseño experimental fue completamente al azar con desigual número de repeticiones.

La regeneración se analizó a partir de seis variables, la primer variable es la densidad y se refiere al número de renuevos por superficie; la segunda se refiere a la cobertura, que es la proyección de las copas de los renuevos sobre la superficie del terreno y se cuantifica en m^2 ; la tercer variable es el diámetro basal, el cual se refiere al grosor del tallo medido en la base del suelo. Esta variable al igual que la altura y la edad, se analizaron a partir de cinco categorías (Cuadro 1), la altura es la cuarta variable, la cual se expresa en metros; la quinta es la edad expresada en años y hace referencia al tiempo que tiene de establecida la

regeneración; la sexta es el vigor y se refiere al estado actual de los individuos, es decir, a sus posibilidades de permanencia y establecimiento pleno para formar un nuevo bosque.

Las variables diámetro basal, altura y edad, se agruparon por categorías tal como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Equivalencias para las categorías de las variables, diámetro basal, altura y edad.

Variable	CATEGORÍAS				
	I	II	III	IV	V
Diámetro basal cm)	≤ 2.00	$> 2.00 \text{ y } \leq 4.00$	$> 4.00 \text{ y } \leq 7.00$	$> 7.00 \text{ y } \leq 10.00$	> 10.00
Altura (m)	≤ 0.75	$> 0.75 \text{ y } \leq 2.25$	$> 2.25 \text{ y } \leq 3.75$	$> 3.75 \text{ y } \leq 5.25$	> 5.25
Edad(años)	≤ 3.00	$> 3.00 \text{ y } \leq 6.00$	$> 6.00 \text{ y } \leq 10.00$	$> 10.00 \text{ y } \leq 15.00$	> 15.00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en dos apartados principales, el primero corresponde a los árboles padres y el segundo a la regeneración natural.

Árboles padres

Para el análisis de este apartado se consideraron tres variables; la primera es la densidad, la cual se refiere al número de individuos dejados en pie por superficie; la segunda a la cobertura o proyección de la copa sobre la superficie del terreno, y la tercera, al área basal que cubre el fuste a la altura del diámetro normal. Los resultados de estas variables, corresponden a valores actualizados después de un periodo de 16 años a partir de la intervención silvícola; dichas variables muestran diferencias para cada área y especie.

Densidad

Como puede observarse en el cuadro No. 2 y figuras 1 y 2, para el área de Santa Rita se tiene un total de 46.66 árboles padres por hectárea, de los cuales el 7% corresponde a la especie de *Abies*

vejari, con 3.33 árboles por hectárea; el 21.43% corresponde a *Pinus ayacahuite*, con 10 árboles por hectárea y un 71.43% corresponde a *Pinus rudis*, con 33.33 árboles por hectárea. Estas diferencias se deben posiblemente a que en un inicio se pretendió establecer una mayor proporción de la regeneración de la especie *Pinus rudis*, además de ser la especie dominante.

En el área de la pequeña propiedad El Pilar, se tiene la mayor densidad de árboles padres con respecto a las otras tres áreas (Figura 2); aquí se tiene un total de 63.75 árboles por hectárea, de los cuales el 27.45% corresponde a la especie *Abies vejari*, con 17.5 árboles por hectárea; el 29.41% corresponde a *Pinus ayacahuite*, al igual que para *Pseudotsuga flahaulti*, con 18.75 árboles por hectárea para cada especie, y un 13.72% corresponde a *Pinus rudis*, con 8.75 árboles por hectárea. El número total de árboles en esta área, podría expresar que este tratamiento queda fuera del contexto de árboles padres como tal, y podría ubicarse más en una corta de protección, sin embargo, debe considerarse el tipo de especies, las cuales por su orden de dominancia son especies tolerantes y medianamente tolerantes, es por ello que las primeras tres especies mencionadas tienen una

densidad muy semejante entre sí, exceptuando sólo a *Pinus rudis* que por ser una especie intolerante, su densidad fue menor para este caso.

En Rancho Nuevo se encontró que existe un total de 50 árboles padres por hectárea, de los cuales el 15.38% corresponde a *Abies vejari*, con 7.69 árboles por hectárea; el 7.68% a *Pinus ayacahuite*, con 3.84 árboles por hectárea; un 9.22% a *Pseudotsuga flahaulti*, con 4.61 árboles por hectárea, y el 67.68% pertenece a *Pinus rudis* con 33.84 árboles por hectárea. Al igual que el área anterior, se tuvo una alta densidad y con las mismas especies, sólo que en este caso, las tolerantes y medianamente tolerantes son las que presentaron la menor densidad; mientras que *Pinus rudis*, siendo una especie intolerante mostró la más alta densidad. Posiblemente esto se deba a que el criterio más considerado para la aplicación del tratamiento haya sido la pendiente de esta área, la cual alcanzó hasta un 25%, por lo que se podría deducir que la alta densidad se debe posiblemente a un objetivo de protección al suelo para evitar problemas posteriores de erosión.

El área de Piedra Blanca es la que presentó la menor densidad en comparación a las demás; en ésta hay un total de 40 árboles padres por hectárea, donde un 18.75% corresponde a la especie *Abies vejari*, con 7.5 árboles por hectárea; el 75% a *Pinus ayacahuite*, con 30 árboles por hectárea, y el 6.25% a *Pinus rudis*, con solo 2.5 árboles por hectárea. Aunque esta área es la de menor densidad, todavía sigue siendo una densidad alta desde el punto de vista del tratamiento. En esta, a diferencia de las otras áreas, la mayor densidad se concentra en *Pinus ayacahuite*, y presenta las mismas especies que el área de Santa Rita aunque con diferentes densidades, diferenciándose así de El Pilar y Rancho Nuevo, en las que no se encontró *Pseudotsuga flahaulti*, debido tal vez a que ésta es una especie tolerante y a que en estas áreas no se ha logrado establecer (esta especie no fue considerada en el experimento como tratamiento de árboles semilleros en esta área)

Cuadro 2. Densidad de árboles padres por especie y por área.

ÁREAS	DENSIDAD DE ÁRBOLES POR ESPECIE Y POR ÁREA (individuos por hectárea)				
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	TOTAL
Santa Rita (A)	3.33	10	0	33.33	46.66
El Pilar (B)	17.5	18.75	18.75	8.75	63.75

Rancho Nuevo (C)	7.69	3.84	4.61	33.84	50
Piedra Blanca (D)	7.5	30	0	2.5	40

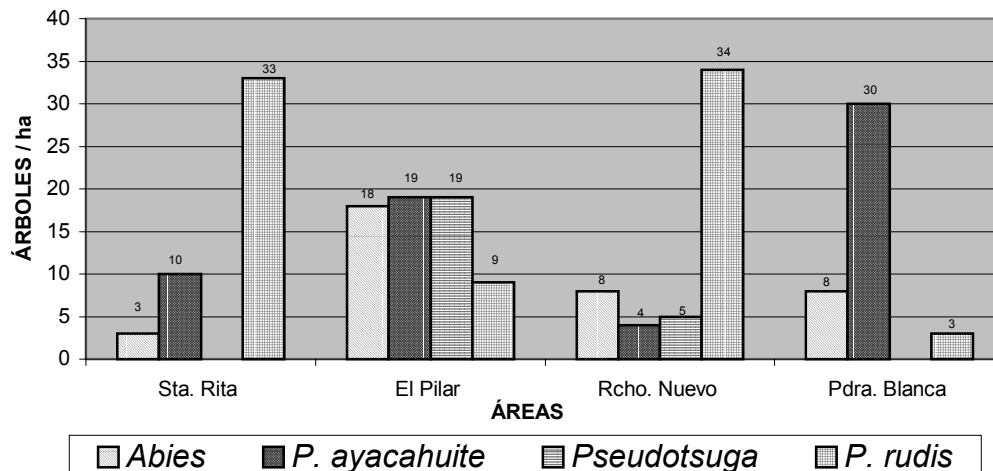


Figura 1. Densidad de árboles padres por área y por especie.

En la Figura 1 puede observarse que las áreas de El Pilar (B) y Rancho Nuevo (C), son similares entre sí, en cuanto a la presencia de especies, más no en su densidad, lo mismo ocurre para Santa Rita (A) y Piedra Blanca (D). También puede resaltarse en la figura, que la densidad de *Pinus rudis* es muy semejante con el área A y C, con un total de 33.33 y 33.84 individuos por hectárea, respectivamente.

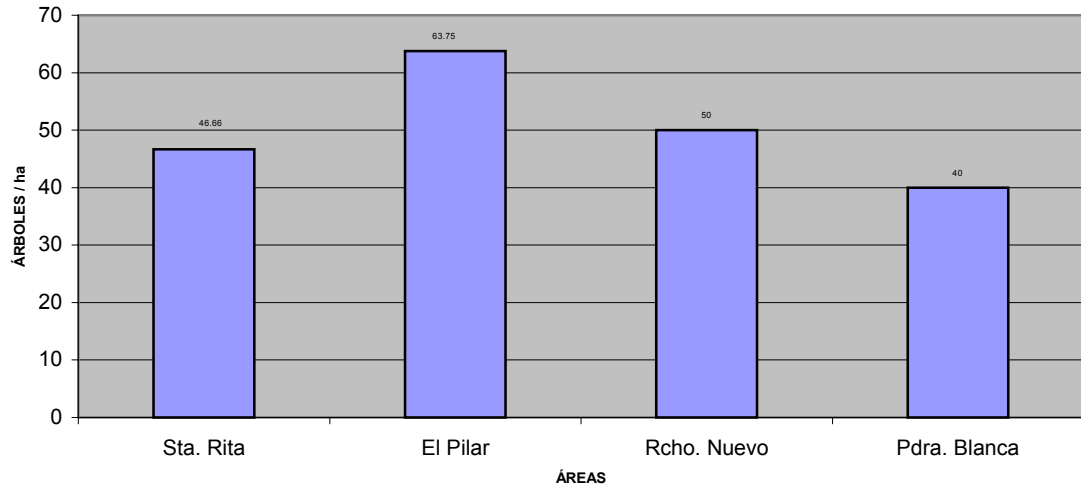


Figura 2. Densidad total de árboles padres para cada área.

Cobertura

El área de proyección de las copas sobre el terreno, para el caso de Santa Rita, presenta un total de 1436.07 m² por hectárea, de los cuales el 3.69% corresponde a *Abies vejari*, con 53.01 m² por hectárea; el 32.84% a *Pinus ayacahuite* con 471.73 m² por hectárea, y el 63.45% a *Pinus rudis*, con 911.33 m² por hectárea.

El área El Pilar presentó una cobertura total de 2,011.32 m² por hectárea, de los cuales el 22.2% corresponde a *Abies vejari vejari* con 446.56 m² por hectárea; el 33.85% pertenece a *Pinus ayacahuite* con

680.94 m² por hectárea; un 33% corresponde a *Pseudotsuga flahaulti* con 663.7 m² por hectárea, y el 10.93% a *Pinus rudis* con 219.93 m² por hectárea.

Rancho Nuevo presenta una cobertura total de 2,095.32 m² por hectárea, de éstos el 9.23% pertenece a *Abies vejari* con 193.54 m² por hectárea; el 8.77% a *Pinus ayacahuite* con 183.78 m² por hectárea; un 11.77% es de *Pseudotsuga flahaulti* con 246.72 m² por hectárea, y el 70.21% a *Pinus rudis* con una cobertura de 1,471.27 m² por hectárea.

El área de Piedra Blanca arrojó una cobertura total de 1,683.43 m² por hectárea, de los cuales el 18.81% corresponde a *Abies vejari* con 316.78 m² por hectárea; el 69.51% pertenece a *Pinus ayacahuite* con 1170.30 m² por hectárea; y el 11.66% corresponde a *Pinus rudis* con 196.35 m² por hectárea.

Cuadro 3. Cobertura de árboles padres por área y por especie.

ÁREA	COBERTURA DE ÁRBOLES PADRES (m ² por hectárea)
------	---

	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	TOTAL
A	53.01	471.73	0	911.33	1436.07
B	446.56	680.94	663.70	219.93	2011.13
C	193.54	183.78	246.72	1471.27	2095.32
D	316.78	1170.30	0	196.35	1686.43

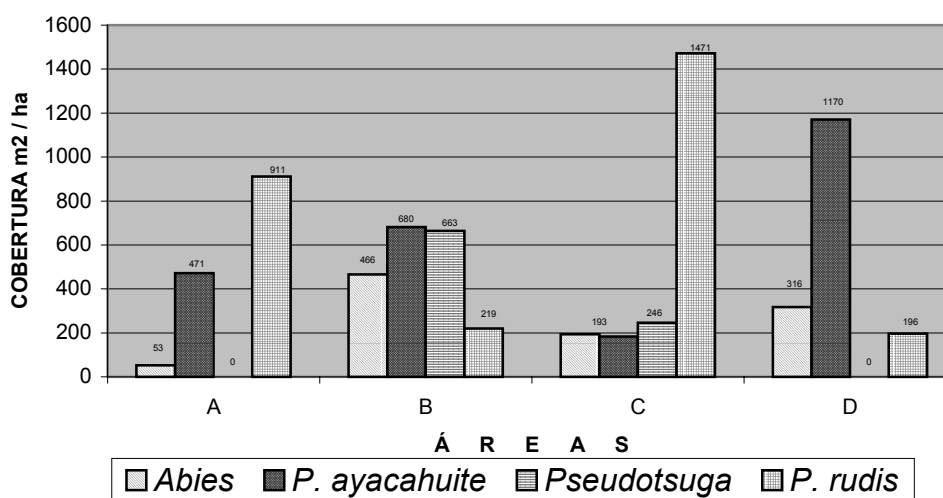


Figura 3. Cobertura de árboles padres por área y por especie.

Debido a la diversidad de especies, así como a la densidad en cada área, la cobertura presentó un comportamiento diferente, esto quiere decir que no por hectárea haber mayor densidad total en un área, necesariamente debe haber también mayor cobertura para ésta, sino que depende en gran parte a la forma y tamaño de la copa de cada

especie. Si se compara densidad total contra cobertura total de cada área (Figuras 2 y 4), se observó que Santa Rita (A) es el área que presentó la menor cobertura con 1436.07 m², pero no la menor densidad; es el área de Piedra Blanca (D) la que presenta la menor densidad, mientras que su cobertura fue mayor al área A debido a que la especie *Pinus ayacahuite* mostró ser más abundante en el área D, aún y cuando el área A mostró también un alto porcentaje de *Pinus rudis*, ya que estas dos especies son las que presentan copas mucho más abiertas que *Abies vejari* y *Pseudotsuga flahaulti*. Para el caso de las otras dos áreas, El Pilar (B) y Rancho Nuevo (C), se tiene que la de mayor densidad (B), en cobertura no es la mayor; en este aspecto el área C, resultó tener la mayor cobertura, debido posiblemente a que *Pinus rudis* ocupa más del 70% de la cobertura, mientras que el área B tuvo mayor presencia de *Abies vejari* y *Pseudotsuga flahaulti*, al igual que *Pinus ayacahuite*, pero una muy baja densidad y cobertura de *Pinus rudis*.

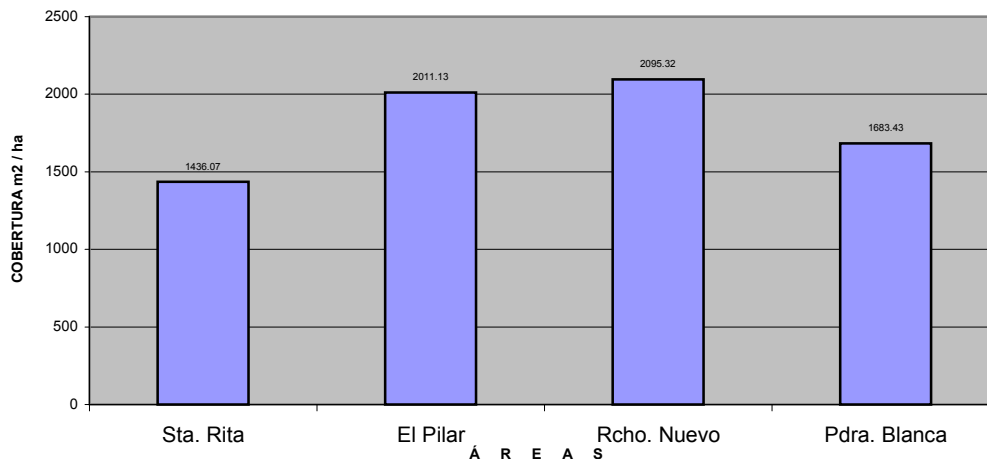


Figura 4. Cobertura total de árboles padres para cada área.

Área basal

El área basal actual se distribuye por especie y por área, como se muestra en el Cuadro 4 y Figuras 5 y 6, donde se observa que el área A, tiene un total de 6.4898 m² por hectárea, de los cuales el 61% corresponde a *Pinus rudis*, el 32% a *Pinus ayacahuite* y el 6.34% a *Abies vejari*. El área B, presenta un total de 6.90 m² por hectárea, de los cuales el 18.78% corresponde a *Abies vejari*, el 34.94% a *P. ayacahuite*, el 33.57% a *Pseudotsuga flahaulti*, y el 12.69% a *Pinus rudis*. El área C es la que presenta la mayor área basal, con 7.9135 m² por hectárea, de los cuales el mayor porcentaje se concentra en *Pinus rudis* (77.029%), un 8.6% corresponde para *Pseudotsuga flahaulti*, al igual que para *Abies vejari*, y sólo un 5.8% para *Pinus*

ayacahuite. El área D, con 4.3411 m² por hectárea, es la localidad con menor área basal registrada, y ésta está concentrada en su mayoría en *Pinus ayacahuite*, con el 74.63%, de ahí que tanto *Abies vejari* como *P. rudis*, presenten sólo el 12.5% cada una.

Cuadro 4. Área basal actual de árboles padres por área y por especie.

ÁREA	ÁREA BASAL POR ÁREA Y POR ESPECIE (m ² por hectárea)				TOTAL
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	
A	0.4118	2.0965	0	3.9815	6.4898
B	1.2966	2.4115	2.3170	0.8765	6.9016
C	0.6780	0.4594	0.6806	6.0957	7.9135
D	0.56	3.240	0	0.5411	4.3411

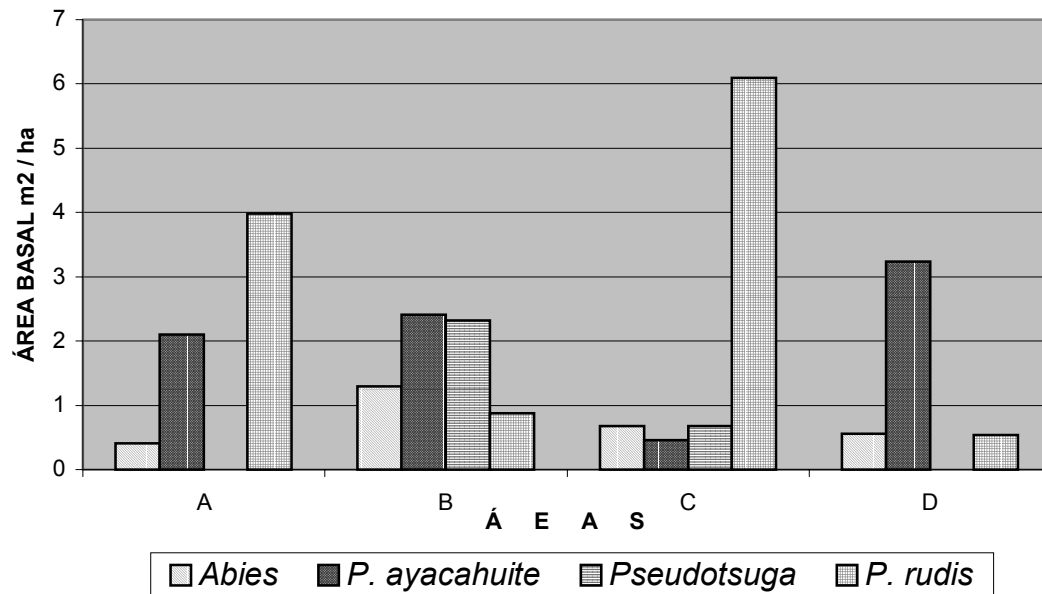


Figura 5. Área basal actual de árboles padres, por área y por especie.

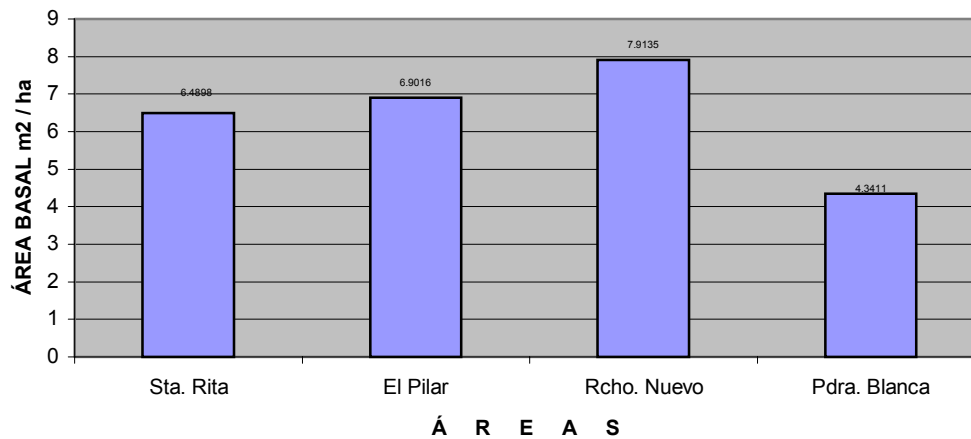


Figura 6. Área basal total actual para cada área.

Las áreas A, B y C, muestran un Área basal aceptable, la cual va desde los 6.48, hasta los 7.91 m² por hectárea, sin embargo, el área D es la más baja con solo 4.34 m² por hectárea. Los resultados de esta variable muestran mucha similitud con la variable densidad,

exceptuando las áreas B y C, donde la primera de éstas fue mayor en densidad pero el área C fue mayor en área basal; sin embargo, ambas variables presentan los más altos valores en estas áreas.

Regeneración

Densidad

Para esta variable resultó haber diferencias estadísticas significativas entre áreas ($Pr > F, = 0.0256$), donde la prueba de comparación de medias (Cuadro A10), muestra que solamente el área C es diferente a la D, las cuales corresponden a la mayor y menor densidad respectivamente; todas las demás áreas resultaron ser iguales. Como se muestra en el Cuadro 5 y Figura 7, la densidad del renuevo resultó ser mayor en el área C (Rancho Nuevo), con un total de 4053.85 individuos por hectárea, de los cuales el 59.57% corresponde a *Abies vejari*, el 16.86% a *Pinus ayacahuite*, el 19.54% a *Pseudotsuga flahaulti* y solo un 4.74% corresponde a *Pinus rudis*. Lo anterior puede explicarse debido a que el área se ubica en la base de una ladera alta con exposición norte, situación geomorfológica que

favorece a las especies tolerantes y medianamente tolerantes las cuales se han establecido más adecuadamente, quedando en evidencia que *Pinus rudis* por ser intolerante, presenta el menor índice de establecimiento con solo 192.31 plantas por hectárea. Cabe mencionar que esta área es la que presenta la mayor cobertura, además de tener en el estrato arbustivo una alta densidad de *Quercus spp*, a causa de la falta de preparación del sitio, ocasionando así una mayor área de sombra sobre el terreno.

El área que ocupa el segundo lugar en densidad es la B, cuya tendencia de establecimiento es similar al área C, encontrándose un total de 1,912 renuevos por hectárea, de los cuales el 66% corresponde a *Abies vejari*; el 16.31% a *Pinus ayacahuite*; un 11.08% corresponde a *Pseudotsuga flahaulti*, y el 6.27% a *Pinus rudis*. Estos resultados se relacionan con la proporción de los árboles padre, excepto para *Pseudotsuga flahaulti*, que presenta una respuesta no muy aceptable, lo cual se debe posiblemente a cambios microclimáticos que han afectado su regeneración, así como en *Pinus rudis*, donde ésta es escasa, posiblemente debido a la baja densidad de progenitores y a la presencia de agentes que pueden afectar la

disponibilidad de semilla viable, ya que se ha observado presencia de roya de los conos (Nájera, 2000).

El área A presenta una densidad de 1,433 renuevos por hectárea; de éstos, 1,066.67 corresponden a *Pinus ayacahuite* (74.43%) y 366.67 a *Pinus rudis*, que equivale al 25.58%. Puede considerarse una aceptable regeneración de *P. ayacahuite*, pero no así para *P. rudis*, ya que teniendo más del 71% de árboles progenitores, refleja una baja densidad de renuevos. Para el caso de *Abies vejari*, no presentó un solo renuevo; ésto podría explicarse debido a que por tratarse de una especie tolerante, y por ser el área con menor cobertura de árboles padre, las condiciones escasas de sombra no han sido favorables para lograr el establecimiento de la regeneración de dicha especie, además podría atribuirse también a las escasas lluvias en los últimos años y a agentes depredadores de semillas. *Pseudotsuga flahaulti* está ausente en esta área, tanto en regeneración como en progenitores.

El área D presenta la más baja densidad de regeneración, alcanzando su total sólo 603.75 renuevos por hectárea, de los cuales

tanto *Abies vejari* y *Pinus ayacahuite*, presentan la misma densidad con el 48.25% cada una (291 individuos por hectárea); *Pinus rudis* presenta sólo una densidad de 12.5 plantas por hectárea (2.07%), y *Pseudotsuga flahaulti* hace presencia con sólo el 1.44% (8.75 individuos por hectárea), a pesar de no existir árboles progenitores de esta especie, pero puede deberse a vectores naturales que seguramente han permitido el traslado de semilla de los rodales adyacentes. La baja densidad en esta área podría atribuirse en gran parte a los disturbios ocasionados por el pastoreo fuerte que se registró para esta área, ya que hay evidencias de renuevos mutilados a causa de ganado, además de ser un área adyacente a terrenos de agostadero, y la protección de cercado debido a la falta de mantenimiento no es un obstáculo para la transición libre del ganado a esta área. Es muy probable, que otros factores ambientales y cambios en el microclima esten afectando negativamente el establecimiento de la regeneración. Cabe mencionar también, que el suelo ha sufrido problemas de erosión, ya que en la parte adjunta de escurrimiento de esta área hay evidencias claras de la formación de cárcavas que, según comentarios de pobladores vecinos a esta área, hace quince años no existían.

En el análisis de varianza que se realizó para la comparación de áreas por especie de manera separada, solamente se encontró diferencias altamente significativas para *Pinus ayacahuite* ($Pr > F, = 0.0036$), y donde la prueba de comparación de medias (Cuadro A16) muestra que el área A es igual a C, pero diferente a B y D; el área C es igual a B y diferente a D, mientras que las áreas B y D son estadísticamente iguales.

Cuadro 5. Densidad de regeneración natural por área y por especie.

ÁREA	DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN NATURAL POR ÁREA Y ESPECIE, (renuevos por hectárea).				
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	TOTAL
A	0	1066.67	0	366.67	1433
B	1262.5	312	212	125	1912.5
C	2415	653.85	792.31	192.31	4053.85
D	291.25	291.25	8.75	12.5	603.75

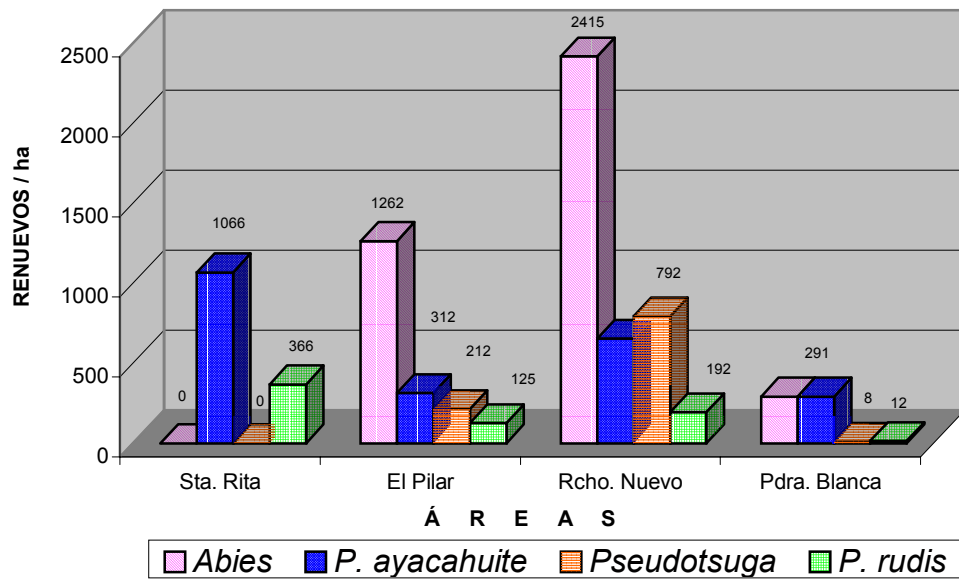


Figura 7. Densidad de regeneración natural por área y por especie.

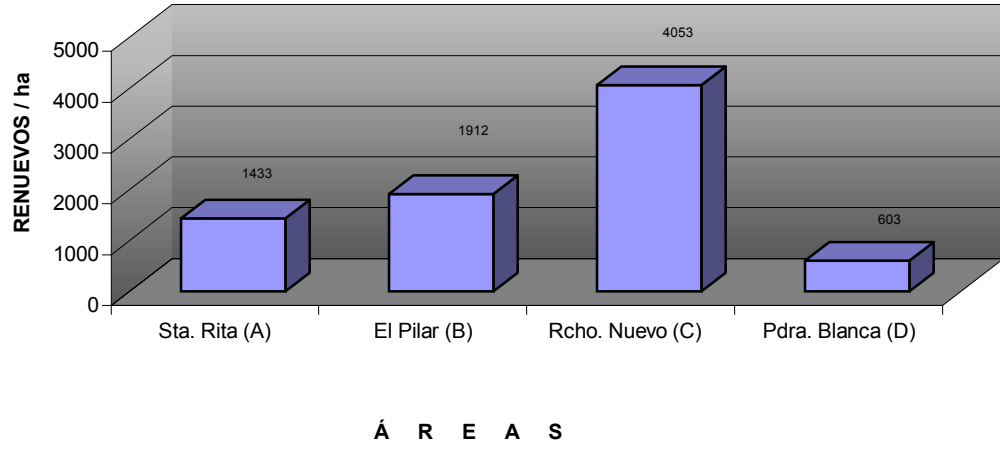


Figura 8. Densidad total de regeneración para cada área.

La densidad total de los árboles progenitores y del renuevo (Figuras 2 y 8), presentaron una relación positiva desde el punto de vista numérico, al menos para las áreas A y D, es decir, a menor número de árboles padres, menor regeneración; no lo fue así para las áreas B y C, ya que en este caso se tuvo el efecto de la cobertura e hizo que la especie más tolerante (*Abies vejari*), tuviera un mejor establecimiento en el área con mayor cobertura (C), ya que esta especie fue la que alcanzó la mayor densidad con 2,415 renuevos por hectárea.

Cobertura

Para esta variable como tal, no se realizó análisis de varianza, éste se hizo para el diámetro de copa, del cual depende la cobertura. En dicho análisis se presentaron diferencias altamente significativas entre áreas ($Pr > F, = 0.0018$), y la prueba de comparación de medias de Tukey arrojó que el área A es igual a D y B, asimismo diferente a C, D es igual a B pero diferente a C, mientras que B y C son iguales (Cuadro A4). Como se ilustra en el Cuadro 6 y Figuras 9 y 10, el área A presentó la mayor cobertura con un total de 2007.43 m² por

hectárea, de ésta el 76.1% corresponde a *Pinus ayacahuite*, y el 23.91% a *Pinus rudis*. A pesar de ocupar el tercer lugar en densidad, esta área tiene mayor superficie cubierta por la proyección de las copas, ya que *Pinus ayacahuite*, por ser el más abundante, tiene mayor cobertura por sus hábitos de crecimiento y por tener su copa más abierta desde sus primera etapas; además de presentar una poda natural menor con respecto a las otras especies.

El área C tiene un total de 1,713.04 m² por hectárea, de los cuales el 68.74% corresponde a *Abies vejari* (1177 individuos por hectárea); el 19.08% a *P. Ayacahuite* (326 individuos por hectárea); un 11.12% a *Pseudotsuga flahaulti* (190 individuos por hectárea), y solo el 1.04% a *P. rudis* (18 renuevos por hectárea). No obstante que esta área presenta la mayor densidad, en su cobertura no se ve reflejado porque la mayoría de ésta pertenece a *Abies vejari* y como se sabe que la copa de esta especie tiende a ser reducida y de forma cónica, lo que la hace proyectar menor cobertura sobre el terreno.

El área B presenta un total de 1,433.07 m² por hectárea, y al igual que el área C su mayoría se concentra en *Abies vejari* con un

73.78%, lo cual hace que su cobertura total se reduzca. En las otras especies se presentan porcentajes proporcionales a sus densidades respectivas. El área D es la que presenta la menor cobertura con solo 576.12 m² por hectárea; ésto obedece, además a que la mayoría de su densidad se concentra en *Abies vejari* con el 65.82%, quedando sólo para *Pinus ayacahuite* un 31.94%, para *Pseudotsuga flahaulti* apenas un 0.49% y el resto para *P. rudis* (1.73%).

Únicamente para *Pinus rudis* presentó diferencias altamente significativas en el diámetro de copa ($Pr > F, = 0.0043$), y la prueba de Tukey mostró que sólo el área A es diferente a la C, mientras que todas las demás son estadísticamente iguales (Cuadro A22). Es probable que esta especie haya tenido un comportamiento distinto en sus copas, debido a la cobertura (menor y mayor para estas áreas respectivamente), la composición a la que los árboles progenitores tienen sobre la regeneración; además por tratarse de una especie intolerante, hace que sus copas se reduzcan y elonguen como estrategia por buscar espacios con mayor luz.

Cuadro 6. Cobertura de la regeneración natural para cada área y especie.

ÁREA	COBERTURA DE LA REGENERACIÓN NATURAL POR ÁREA Y ESPECIE (m ² por hectárea)				
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	TOTAL
A	0	1527.52	0	479.9	2007.43
B	1057.42	185.77	105.87	84	1433.07
C	1177.65	326.92	190.51	17.96	1713.04
D	379.217	184.051	2.84	10.015	576.122

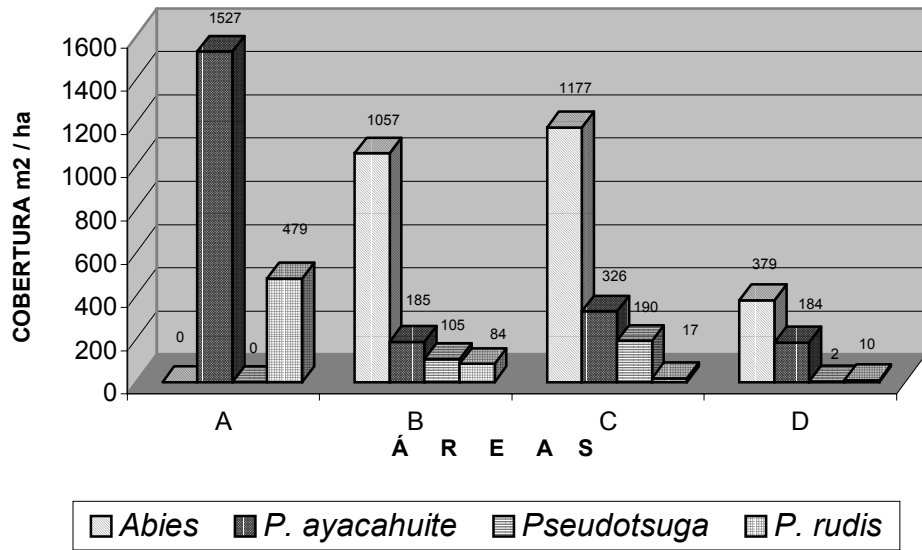


Figura 9. Cobertura de regeneración natural por área y especie.

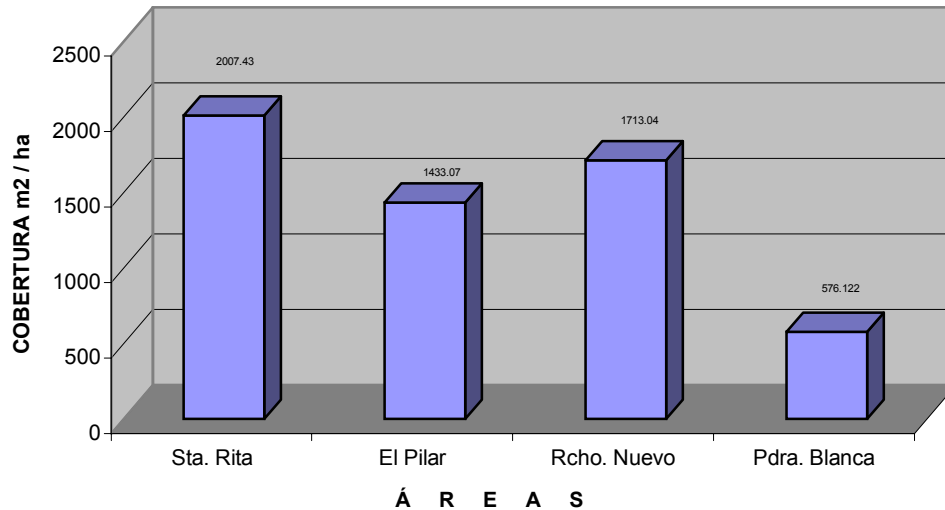


Figura 10. Cobertura total de regeneración para cada área.

La Figura 10 ilustra que las coberturas totales de la regeneración no son aceptables, ya que el área con mayor valor, Santa Rita (2007.43 m² por hectárea), da como resultado una escasa cobertura de apenas el 20% del terreno, lo cual significa que casi el 80% de ésta aún no logra cubrirse por regeneración natural. Por otra parte si analizamos el área D, se observa que con la menor cobertura, su regeneración cubre apenas un poco más del 5% de la totalidad del terreno.

Diámetro basal

Para el caso del diámetro basal, resultó haber diferencias altamente significativas entre áreas ($Pr > F, = 0.0001$), y la prueba de comparación de medias de Tukey mostró que el área A es diferente con las tres áreas; el área D es igual a B pero diferente a C y éstas dos últimas son iguales entre sí (Cuadro A2). En el área A se mostró el valor medio más alto con 7.25 cm y el valor más bajo en C con 2.06 cm (Cuadro 7); no obstante que en las áreas B y D se registraron promedios de 4.4 y 4.31 cm, respectivamente. Es probable que el área A haya presentado un valor mayor debido a que solamente registró especies de pinos, las cuales por ser intolerantes o medianamente tolerantes (el caso de *P. ayacahuite*) tienen un desarrollo más acelerado en sus primeras etapas, y no así para el caso del área C, donde se registra mayor abundancia de especies tolerantes.

Cuadro 7. Diámetro basal promedio por especie y área.

ÁREA **	DIÁMETRO BASAL MEDIO (cm)*				
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	Media
A		6.92		7.59	7.25
B	3.59	4.38	4.06	5.60	4.40
C	2.50	3.15	1.29	1.30	2.06

D	4.79	4.05	1.91	6.5	4.31
----------	------	------	------	-----	------

(*). cm = centímetros

(**). A = Santa Rita

B = El Pilar

C = Rancho Nuevo

D = Piedra Blanca

Cuadro 8. Distribución del diámetro basal por categoría, para cada área y especie (densidad de individuos por hectárea y porcentajes).

ÁREA	Categorías	<i>Abies vejari</i>	%	<i>Pinus ayacahuite</i>	%	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	%	<i>Pinus rudis</i>	%
	I	0		0	0	0		0	
	II	0		266.67	25.00	0		33.33	9.09

SANTA	III	0		166.67	15.65	0		100.0	27.27
RITA	IV	0		433.34	40.72	0		166.67	45.45
	V	0		200.0	18.74	0		66.66	18.18
(A)	TOTAL	0	0	1066.68	100	0	0	366.67	100
	I	462.50	36.63	37.50	12.00	87.50	41.17	0	
EL	II	437.50	34.65	175.0	56.00	12.50	5.88	25.00	20.00
PILAR	III	125.0	9.9	37.50	12.00	75.0	35.29	50.00	40.00
	IV	237.50	18.81	62.50	20.00	37.50	17.64	50.00	40.00
	V	0		0		0		0	
(B)	TOTAL	1262.5	100	312.5	100	212.5	100	125	100
	I	1261.53	52.22	238.46	36.47	607.69	76.69	153.84	80.00
RANCHO	II	776.92	32.16	269.23	41.23	146.154	18.44	30.76	15.99
NUEVO	III	207.69	8.59	84.61	12.94	30.76	3.88	0	0
	IV	169.23	7.0	53.84	8.23	7.69	0.97	7.69	4.00
(C)	V	0		7.69	1.17	0		0	
	TOTAL	2415.37	100	683.83	100	792.30	100	192.30	100
	I	0	0	0	0	8.75	100	0	
PIEDRA	II	107.50	36.90	201.25	69.00	0	0	0	
BLANCA	III	115.00	39.48	61.25	21.03	0	0	11.25	90.00
	IV	65.00	22.31	21.25	7.29	0	0	1.25	10.00
(D)	V	3.75	1.28	7.50	2.57	0	0	0	
	TOTAL	291.25	100	291.25	100	8.75	100	12.5	100

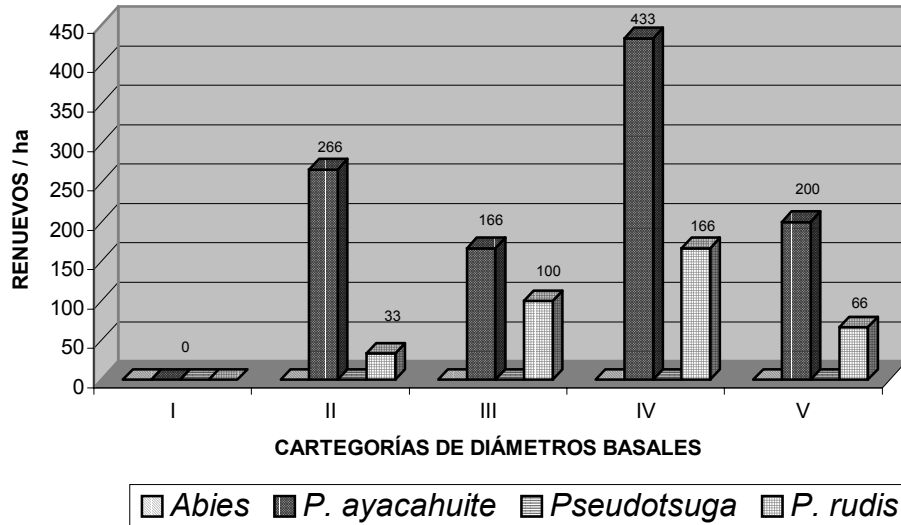


Figura 11. Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área A.

En el área de Santa Rita la mayoría de los diámetros basales se concentran en la categoría IV para ambas especies existentes (Figura 11 y Cuadro 8), es decir, la mayoría de los individuos en esta área tienen entre > 7 y ≤ 10 cm de diámetro basal. En las categorías III y V existe la misma cantidad de individuos (266), predominando el *P. ayacahuite* al igual que en la categoría II; en la categoría I no se registran individuos, lo cual indica que no hay renuevos menores de 2 cm de diámetro basal, posiblemente, esto se deba a la falta de regeneración en los últimos años.

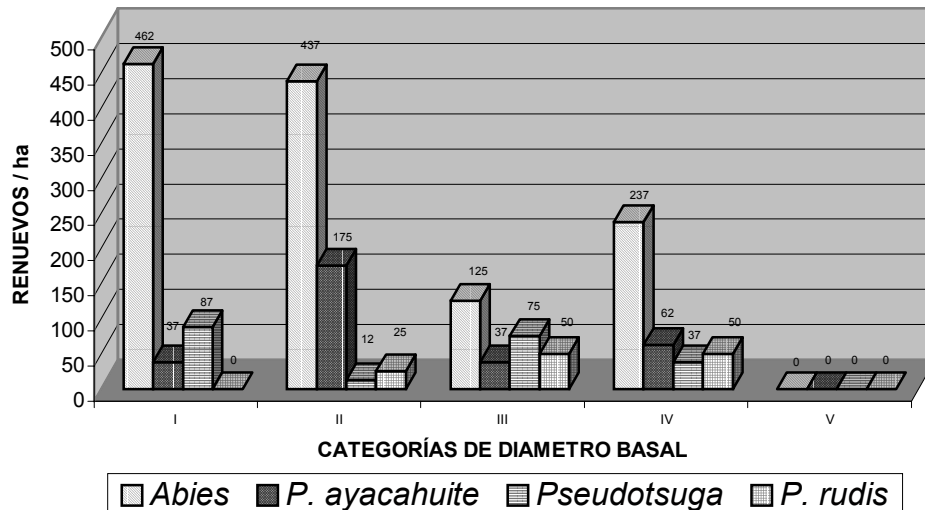


Figura 12. Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área B.

En El Pilar, los diámetros basales se distribuyen, en su mayoría, en las primeras dos categorías (Figura 12), disminuyendo para las categorías IV y III mientras que para la categoría V, no se registran renuevos; lo anterior indica que la mayoría de los renuevos no tienen más de 4 cm de diámetro basal y que no existe ninguno que rebase los 10 cm. Esta estructura posiblemente obedezca al lento desarrollo de las especies tolerantes durante sus primeras etapas, ya que la mayoría de la regeneración pertenece a *Abies vejari* y *Pseudotsuga*, o a que ésta se ha establecido en los últimos años. Sin embargo, es necesario señalar también, que la edad de esta regeneración no registra individuos menores de tres años (Figura 20).

Para el caso de Rancho Nuevo (Figura 13), el diámetro basal concentra al mayor número de individuos en las categorías I y II, dominando las especies tolerantes y disminuyendo su número para las categorías III y IV. *Pinus rudis* no sobresale en ninguna de las categorías, esto podría deberse a la baja densidad de dicha especie. Esta estructura es semejante a la del área B, donde tampoco existen renuevos con diámetros basales mayores de 10 cm, y el comportamiento de dicha estructura pudiera también deberse, a los hábitos de crecimiento de las especies tolerantes y/o al tiempo de establecimiento de la regeneración.

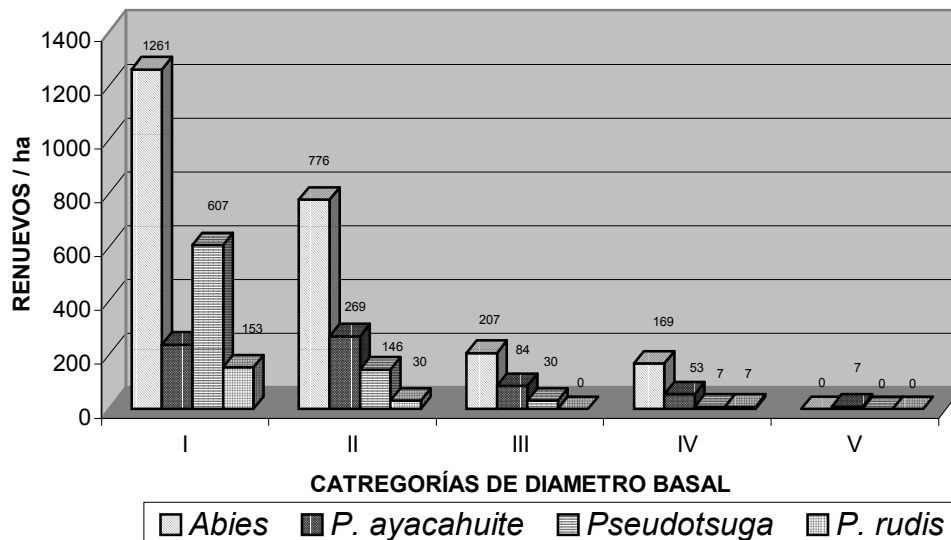


Figura 13. Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área C.

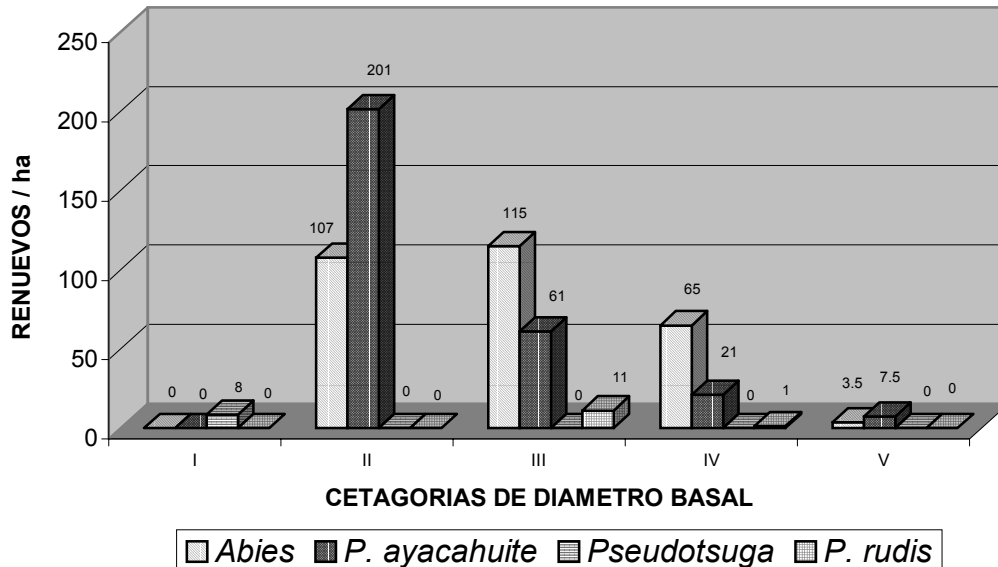


Figura 14. Estructura de diámetros basales por categoría y especie en el área D.

En Piedra Blanca para la categoría I sólo se registran los individuos de *Pseudotsuga flahaulti* (8), lo cual indica que probablemente se han establecido en los últimos años después de encontrar condiciones propicias para su establecimiento; en la categoría II se concentra la mayoría de los renuevos, encontrándose 201 de *Pinus ayacahuite* y 107 de *Abies vejari*; en la categoría III se encuentran 11 de los 12 individuos de *Pinus ayacahuite*,

presentándose el resto en la IV y al igual que las demás especies, disminuyen conforme las categorías son mayores; sin embargo, para esta área sí se registran renuevos en la categoría V (11), los cuales pertenecen a *Abies vejari* y *P. ayacahuite* (Cuadro 8). Esto quiere decir que es muy probable que los individuos de la categoría V hayan sido establecidos en los primeros años, inmediatamente después de la intervención silvícola.

En el análisis de varianza donde se consideraron las especies por separado, para la variable diámetro basal, se tuvieron diferencias altamente significativas en las especies *Pinus ayacahuite* y *Pinus rudis* ($Pr > F, = .0036$ y $Pr > F, = 0.0004$, respectivamente); para el caso de la primera, la prueba de comparación de medias muestra que las áreas A y C son diferentes, mientras que todas las demás son estadísticamente iguales (Cuadro A14). Es posible que estas dos áreas sean diferentes debido a que en Santa Rita (A) la regeneración está mejor distribuida espacialmente, y esto hace que el desarrollo sea mejor, alcanzando un promedio para esta especie de 6.92 cm de diámetro basal; no así para Rancho Nuevo (C), donde la regeneración se agrupa y acumula en espacios donde hubo preparación del sitio, lo

cual promueve una mayor competencia por agua, nutrientes y minerales, afectándose negativamente el diámetro basal para esta especie (3.15 cm).

Para *Pinus rudis*, la prueba de comparación de medias (Cuadro A18), muestra que el área C es diferente a todas las demás. Es probable que esta especie por ser intolerante, presenta un bajo desarrollo en diámetro basal (Cuadro 11), para ésta área (1.3 cm), ya que la alta cobertura de los árboles padre y la densidad de la regeneración, concentrada en espacios reducidos, afectan el desarrollo de esta variable en dicha especie.

Altura

Para el caso de la variable altura, no se encontraron diferencias estadísticas entre las medias de las áreas. En el Cuadro 9 se muestra la distribución de la regeneración por categorías de altura, para cada área y especie, así como sus porcentajes respectivos; y en el Cuadro 10 se registra el promedio de las alturas por especie y por área, mostrando el área A el mayor valor promedio con 2.1 m, el área B registró un promedio de 1.46 m, el área C resultó tener el más bajo promedio con solo 1.08 m y D presenta una media de 1.6 m de altura para sus especies.

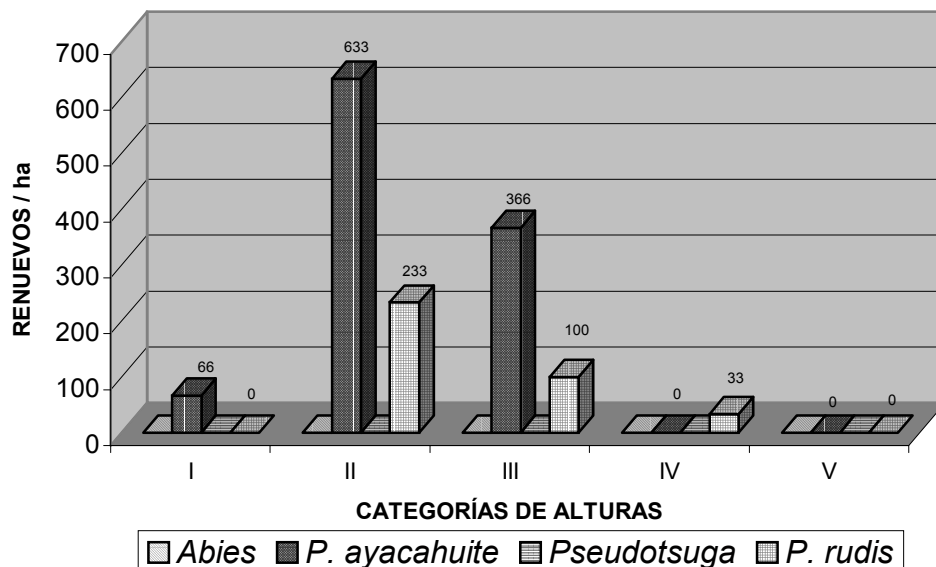


Figura. 15 Estructura de alturas por categoría y especie en el área A.

En la localidad de Santa Rita (Figura 15 y Cuadro 10), la categoría I registra 66 individuos de *Pinus ayacahuite*; esto podría indicar que existen plántulas de esta especie, lo cual significa que posiblemente se tenga regeneración actualmente dado que esta categoría contempla a las plantas menores o iguales a 0.75 m de altura. Las categorías II y III concentran a la mayoría de la regeneración, dominando *Pinus ayacahuite* sobre *Pinus rudis*; en la categoría IV se presentan solamente 33 individuos de esta última especie, lo cual indica que probablemente este pino presenta un crecimiento más acelerado en sus primeras etapas, o que talvez, se trate de regeneración establecida en los primeros años, inmediatamente después de la intervención silvícola; también pudiera tratarse de regeneración adelantada, ya que seguramente existían condiciones más propicias para el establecimiento de plantas intolerantes. Es necesario señalar que para

esta área se registró la menor cobertura de árboles padre, lo cual posiblemente haya influido para que las especies tolerantes no se hayan establecido.

Cuadro 9. Distribución de alturas por categoría para cada área y especie (densidad de individuos por hectárea y porcentajes).

ÁREA	CATE- GORÍAS	<i>Abies</i> <i>vejari</i>	%	<i>Pinus</i> <i>ayacahuite</i>	%	<i>Pseudotsuga</i> <i>flahaulti</i>	%	<i>Pinus</i> <i>rudis</i>	%
	I	0		66.67	6.25	0	0	0	0
	II	0		633.34	59.37	0	0	233.33	63.63
SANTA	III	0		366.67	34.37	0	0	100.00	27.27
RITA	IV	0		0	0	0	0	33.33	9.09
	V	0		0	0	0	0	0	0

(A)	TOTAL	0	0	1066.68	100	0	0	366.66	100
	I	462.50	36.63	87.50	28.00	87.50	41.17	25.00	20.00
EL	II	537.50	42.57	162.50	52.00	87.80	41.17	75.00	60.00
PILAR	III	87.50	6.93	62.50	20.00	25.0	11.76	25.00	20.00
	IV	162.50	12.87	0	0	12.50	5.88	0	0
	V	12.50	0.99	0	0	0	0	0	0
(B)	TOTAL	1262.5	100	312.5	100	212.5	100	125	100
	I	969.23	40.13	238.46	36.47	500	63.10	153.84	80.00
RANCHO	II	846.151	35.04	338.46	51.77	246.15	31.06	30.76	15.99
NUEVO	III	230.77	9.55	53.84	8.23	30.76	3.88	7.69	3.99
	IV	2844.61	11.78	15.38	2.35	15.38	1.94	0	0
(C)	V	84.61	3.5	7.62	1.16	0	0	0	0
	TOTAL	2415.38	100	653.85	100	792.31	100	192.3	100
	I	43.75	15.02	147.50	50.60	0	0	0	0
PIEDRA	II	118.75	40.70	103.75	35.62	8.75	100	11.25	90.00
BLANCA	III	60.00	20.60	25.00	8.58	0	0	0	0
	IV	57.5	19.75	10.00	3.40	0	0	1.25	10.00
(D)	V	11.25	3.80	5.00	1.70	0	0	0	
	TOTAL	291.25	100	291.25	100	8.75	100	12.5	100

Cuadro 10. Altura promedio por especie y por área.

ÁREA	ALTURA PROMEDIO (m)				Media
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	
A		1.89		2.32	2.10
B	1.49	1.34	1.31	1.72	1.46
C	1.71	1.24	0.88	0.49	1.08
D	2.27	1.31	0.97	1.85	1.6

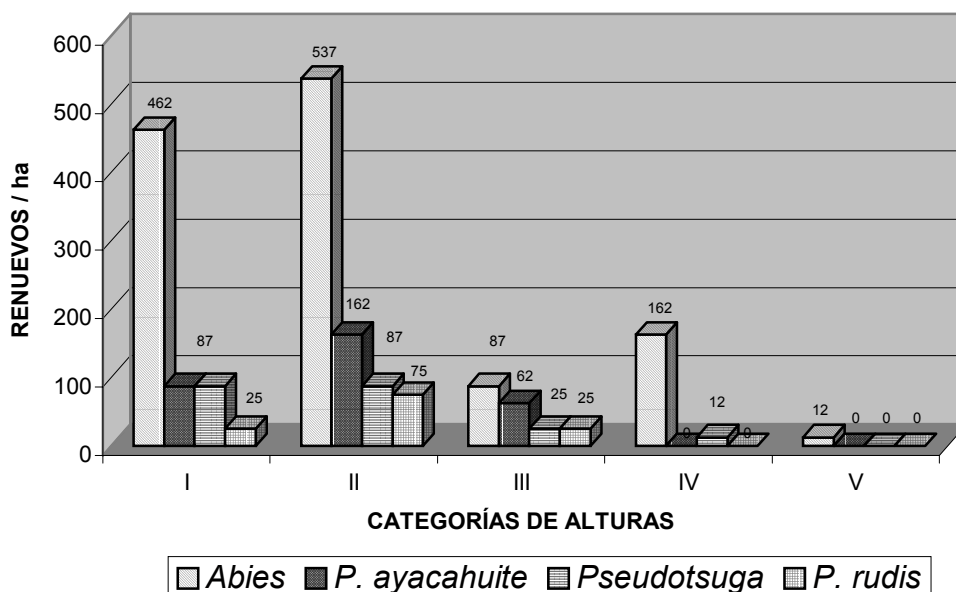


Figura 16. Estructura de alturas por categoría y especie en el área B.

El Pilar (Figura 16), presenta en la mayoría de la regeneración alturas no mayores a 2.5 m (categorías II y II), aunque se presentan algunos individuos en las categorías III y IV, y solamente 12 correspondientes a *Abies* se registran en la V; esta especie sobresale en todas las categorías con mayor número de individuos debido a su mayor densidad; *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga flahaulti* le siguen,

respectivamente y *Pinus rudis* presenta las más bajas densidades en todas las categorías, mostrando problemas de establecimiento.

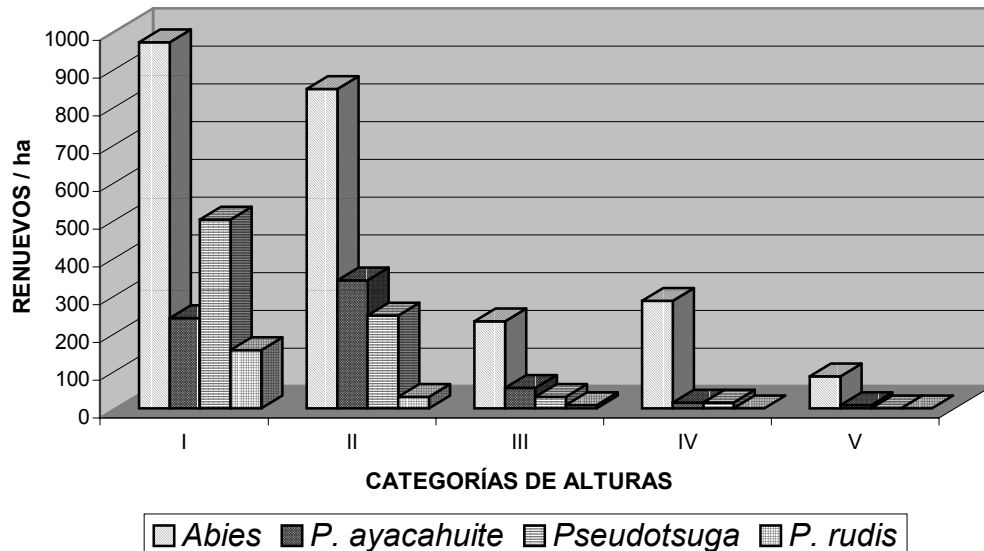


Figura 17. Estructura de alturas por categoría y especie en el área C.

En la localidad de Rancho Nuevo (Figura 17), la regeneración se concentra en su mayoría para las primeras dos categorías de alturas y disminuyendo para las siguientes tres, sobresaliendo en este caso las especies tolerantes sobre las medianamente tolerantes e intolerantes.

Esta estructura posiblemente obedezca a que por tratarse en su mayoría, de especies tolerantes para esta área, las condiciones favorables para su establecimiento han logrado darse hasta los últimos años y puede tratarse entonces de una regeneración natural reciente.

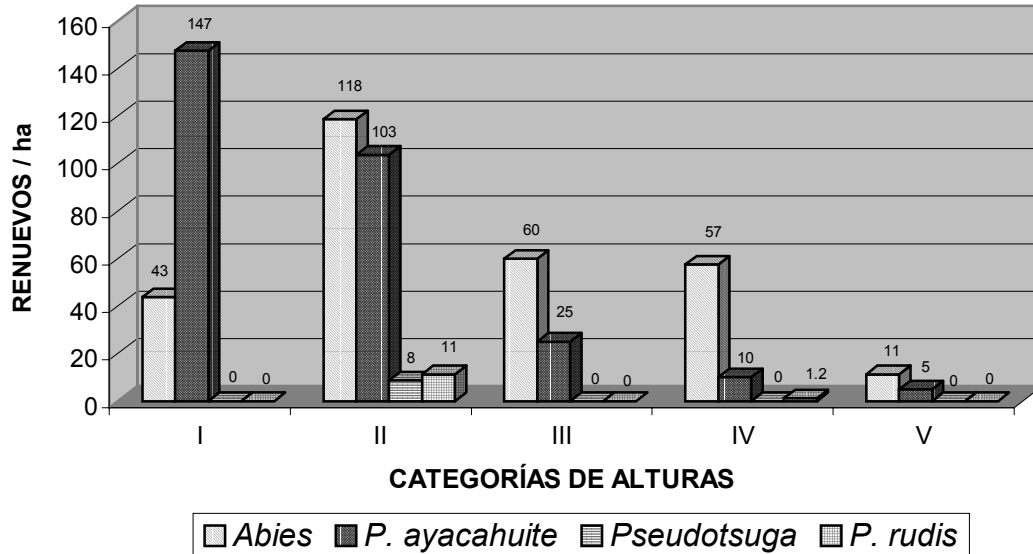


Figura 18. Estructura de alturas por categoría y especie para el área D.

En la localidad de Piedra Blanca (Figura 18), la estructura de alturas se comporta similar a las áreas B y C, esto en cuanto a la tendencia de que, conforme son más altas las categorías, hay menor presencia de individuos, ya que la mayoría de los renuevos se concentran en las primeras dos categorías y disminuyendo para las tres últimas. Cabe señalar que en este caso, *Pinus ayacahuite* hace mayor presencia, conjuntamente con *Abies vejari*; *Pseudotsuga flahaulti* presenta todos sus individuos en la categoría II, así como *Pinus rudis* que presenta el 90% de su regeneración en esta misma categoría.

En el análisis de varianza a nivel de especie, para esta misma variable, resultó tener diferencias altamente significativas solamente para la especie de *Pinus rudis* ($Pr > F, = 0.0058$), y la prueba de comparación de medias (Cuadro A20), mostró que el área C con media de 0.49 m, es diferente a D y A con 2.23 y 1.85 m, respectivamente y es igual, estadísticamente, al área B la cual tiene un promedio de 1.72 m de altura. Es probable que esta especie haya registrado menor crecimiento en el área C debido a la falta de luz suficiente, ya que se trata de una especie intolerante.

Edad

Resultó haber diferencias significativas entre áreas para esta variable ($Pr > F, = 0.023$), y la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro A6) mostró que sólo hay diferencias entre las áreas A y C, y que todas las demás son iguales entre sí. En el Cuadro 11 se muestran las medias de las edades para cada área, y precisamente A y C presentan el mayor y menor promedio de edad con 11.7 y 7.22 años, respectivamente.

Cuadro 11. Edad promedio por especie y por área.

ÁREA	EDAD PROMEDIO POR ESPECIE Y POR ÁREA (años)				
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayachahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	Media
A		11.46		12.09	11.77
B	9.79	9.0	9.76	8.6	9.28
C	8.63	8.23	7.60	4.44	7.22
D	12.13	8.27	9.85	8.4	9.66

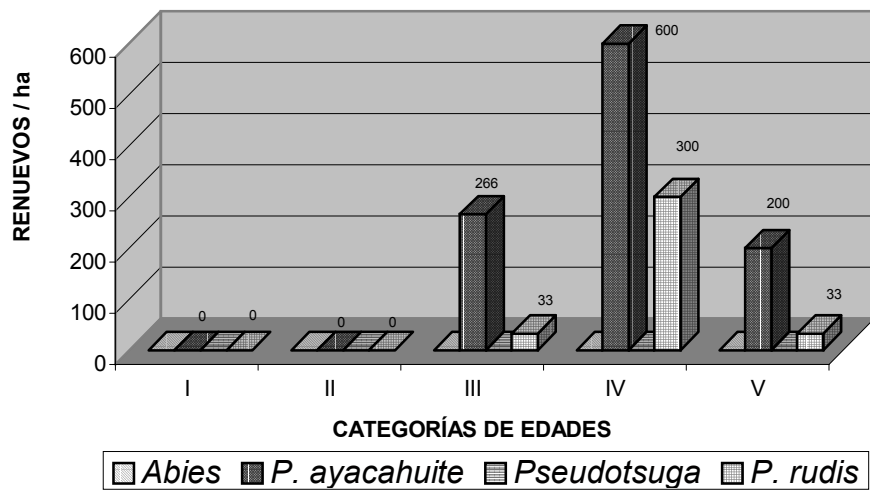


Figura 19. Estructura de edades por categoría y especie en el área A.

Cuadro 12 Distribución de edades por categoría para cada área y especie (densidad de individuos y porcentajes).

ÁREA	Categorías	<i>Abies vejari</i>	%	<i>Pinus ayacahuite</i>	%	<i>Pseudotsuga Flahaulti</i>	%	<i>Pinus rudis</i>	%
SANTA RITA	I			0	0			0	0
	II			0	0			0	0
	III			266.67	25.00			33.33	9.09
	IV			600.01	56.24			300.0	81.81
	V			200.00	18.74			33.33	9.09
(A)	TOTA	0	0	1066.67	100	0	0	366.66	100
	L								
EL PILAR	I	0	0	37.50	12	0	0	0	0
	II	75	5.90	0	0	87.50	41.17	25.0	20.00
	III	387.50	30.69	175.00	56	12.50	5.80	75.0	60.00
	IV	762.50	60.39	100	32	100.00	47.05	25.0	20.00
	V	37.50	2.97	0	0	12.50	5.80	0	0
(B)	TOTA	1262.5	100	312.50	100	212.5	100	125	100
	L								
RANCHO NUEVO	I	0	0	0	0	115.38	14.50	0	
	II	969.23	5.90	169.23	25.88	0	0	153.84	80.00
	III	284.615	30.69	338.46	51.76	500.00	63.10	30.76	15.99
	IV	1161.53	60.39	146.15	22.35	169.23	21.35	7.70	4.00
	V	0	2.97	0	0	7.69	0.97	0	0
(C)	TOTA	2415.38	100	653.85	100	792.30	100	192.3	100
	L								
	I	0	0	0	0	0		0	0

PIEDRA	II	0	0	0	0	0		5	40.00
BLANCA	III	96.25	33.04	201.25	69.09	8.75	100	6.25	50.00
	IV	141.25	48.49	90.00	30.90	0		1.25	10.00
(D)	V	53.75	18.45	0	0	0		0	0
	TOTA	291.25	100	291.25	100	8.75	100	12.5	100
	L								

Para la localidad de Santa Rita, la cual fue intervenida en el año de 1984, se registraron renuevos a partir de la categoría III (Figura 19 y Cuadro 12), es decir, no ha habido regeneración en los últimos 6 años, sin embargo, la mayor parte de este renuevo (900 individuos por hectárea), muestran tener entre 10 y 15 años de edad (categoría IV); dada esta categoría, debe tratarse de regeneración que se estableció a los 5 años inmediatamente después de la intervención silvícola, sin embargo, se registran individuos también para la categoría V, lo cual quiere decir que se trata de regeneración adelantada al menos 4 años antes del aprovechamiento.

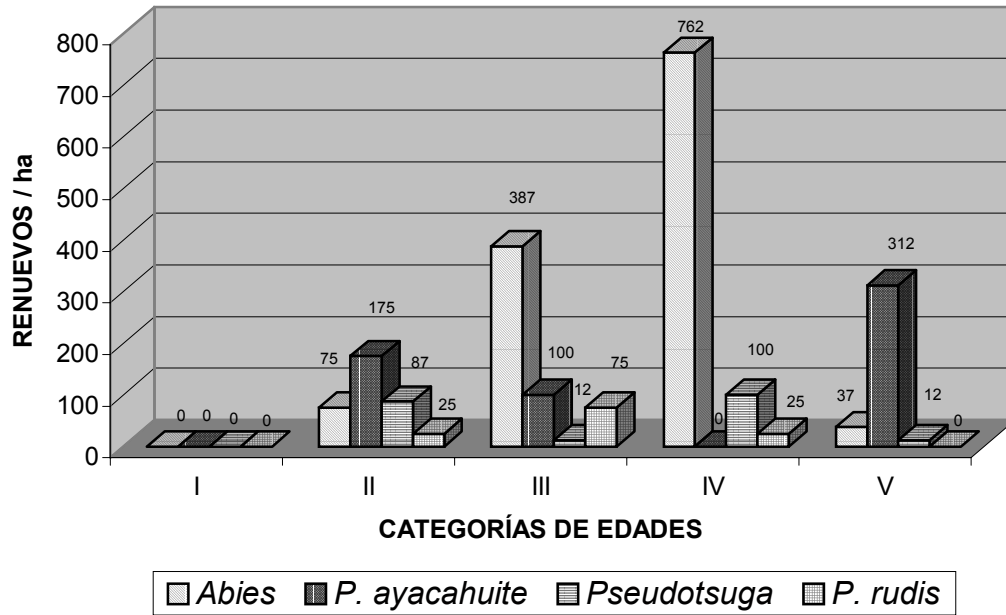


Figura 20. Estructura de edades por categoría y especie en el área B.

La Figura 20 ilustra que el área de El Pilar, en la estructura de sus edades, muestra no tener individuos menores de 3 años (Categoría I); esto podría deberse a la fuerte nevada ocurrida en diciembre de 1997, además a las bajas temperaturas en todo ese invierno, ocasionando con ello, niveles de mortalidad en las plántulas; de ahí que a partir de la categoría II hasta la IV, la regeneración muestra una concentración ascendente conforme las categorías de edad son mayores, es decir, el establecimiento de la regeneración ha venido disminuyendo conforme han pasado los años. Dado que esta área se intervino silvícolamente en 1985, es necesario señalar que la categoría V registra también alrededor de 360 renuevos por hectárea de regeneración adelantada, en su mayoría de *Pinus ayacahuite*, ya que por ser una especie medianamente tolerante, seguramente

toleraba las condiciones del dosel superior cerrado hasta antes del aprovechamiento, al igual que *Abies vejari* y *Pseudotsuga flahaulti*.

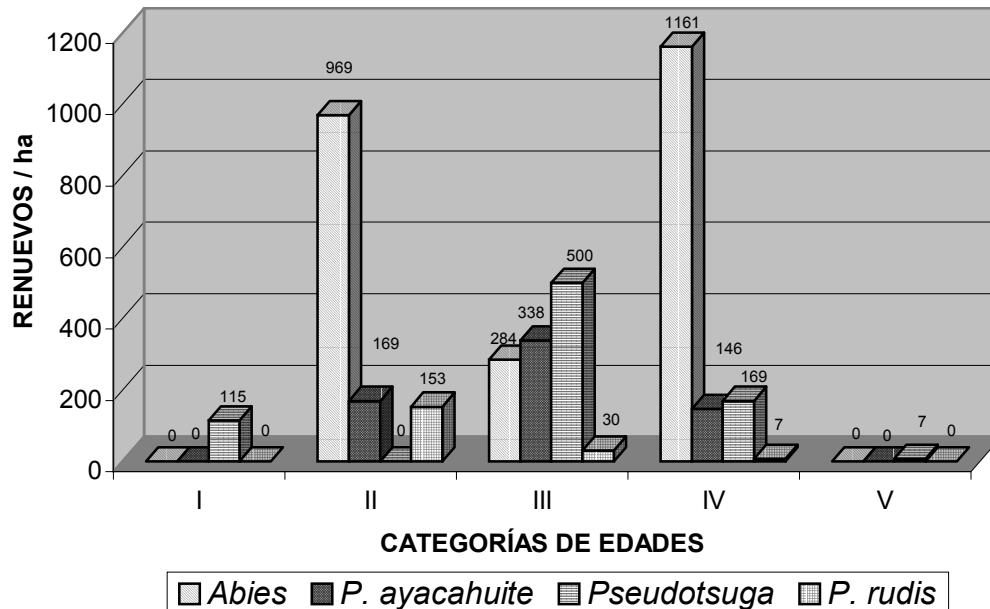


Figura 21. Estructura de edades por categoría y especie en el área C.

El área de Rancho Nuevo fue intervenida en 1984, y la estructura de sus edades (Figura 21 y Cuadro 12), muestra que la regeneración ha tenido un establecimiento desde su intervención hasta los últimos años, ya que en la categoría I se registran individuos de *Pseudotsuga flahaulti*, lo cual obedece a que esta especie tolera condiciones de sombra, sin embargo, en la categoría II ésta especie no está presente, lo cual puede atribuirse a los ciclos irregulares de los años semilleros, ya que para las categorías III y IV sí está presente. *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus. rudis* se encuentran en estas tres últimas categorías, y *P. rudis* muestra que la mayoría de su regeneración tiene entre tres y seis años de edad (Categoría II), además de mostrar que en la categoría IV solo presenta 7 individuos; esto habla de que esta especie pudiera presentar problemas de

viabilidad de semilla y/o depredación de la misma, ya que su establecimiento ha sido mayor en condiciones menos favorables de luz (especie intolerante) en comparación a los periodos inmediatamente posteriores al aprovechamiento.

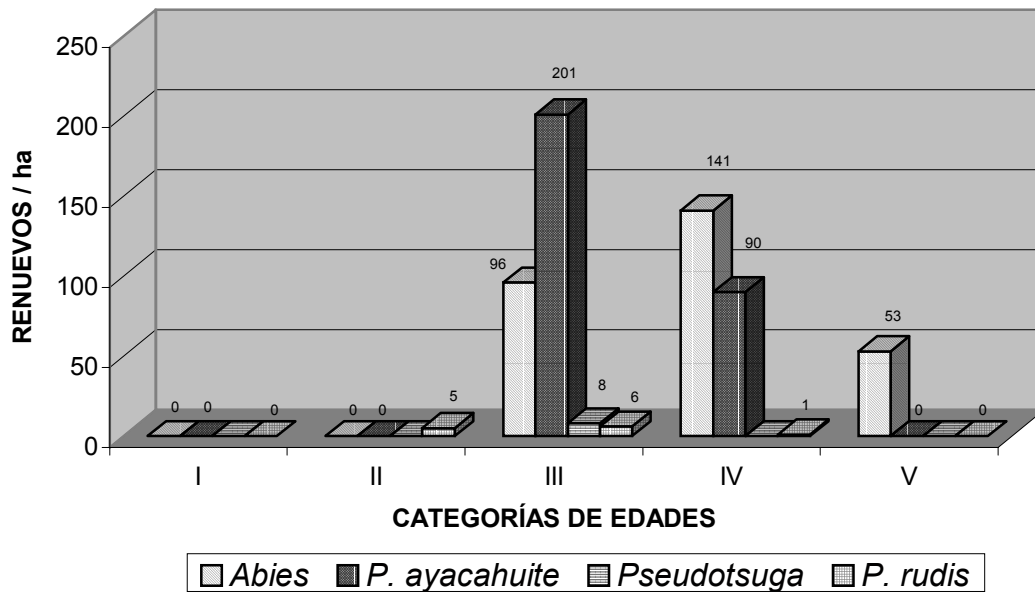


Figura 22. Estructura de edades por categoría y especie en el área D.

La localidad de Piedra Blanca muestra que la estructura de su edad, no registra individuos en la categoría I; para la categoría II se registran solo 5 renuevos de *Pinus rudis*; en la categoría III están presentes las cuatro especies, dominando *P. ayacahuite* con 201 renuevos, le sigue *Abies vejari* con 96 y al final están *Pseudotsuga flahaulti* y *P. rudis* con 8 y 6 individuos, respectivamente; en la categoría IV domina *Abies vejari* sobre *ayacahuite*, y para la categoría V se registran solamente 53 renuevos de *Abies vejari* (Figura 22). El

aprovechamiento en esta área se realizó en 1980 y sólo muestra capacidad de establecimiento inmediato al momento de la corta, la especie *Abies vejari*, a pesar de ser tolerante; es posible que estos individuos se hayan logrado establecer en espacios donde el estrato arbustivo favorecía sus condiciones de desarrollo. La ausencia de especies intolerantes en la categoría V puede atribuirse a los ciclos prolongados de años semilleros o depredación de semillas. Puede deducirse, además, que los problemas de pastoreo que se tienen registrados para esta área, hayan iniciado a partir de los últimos seis años, lo cual ha provocado que la regeneración sea nula en las primeras categorías.

En el análisis de varianza por especie, *Pinus rudis* resultó tener diferencias altamente significativas también en edad ($Pr > F, = 0.0056$), y en la prueba de comparación de medias (Cuadro A24), se muestra que solo el área A es diferente a C y que todas las demás son estadísticamente iguales. En el Cuadro 13 se registran las medias de las edades por especie, y se tiene que en el área A, *Pinus rudis* tiene 12.09 años de edad promedio y en C, ésta misma especie registra una media de 4.4 años. A pesar de tratarse de áreas que se intervinieron

en el mismo año, *Pinus rudis* se estableció primero en aquella con menor cobertura de árboles progenitores (área A), y para el caso de C; la regeneración de esta especie es más joven debido, talvez a espacios creados por eliminación de individuos por competencia.

Vigor

Es necesario recordar que esta variable fue evaluada a partir de una escala con valores de 1, 2 y 3, los cuales corresponden a bueno, regular y malo respectivamente. En el análisis de varianza para esta variable, se encontraron diferencias altamente significativas entre áreas ($Pr > F, = 0.0055$), y la prueba de comparación de medias (Cuadro A8), indica que solo el área D con media de 1.34 (Cuadro 13) es diferente a C y A con medias de 1.28 y 1.07, respectivamente, y que todas las demás medias de las áreas son estadísticamente iguales (comparadas unas con otras).

Es probable que el área D presente menor calidad de vigor debido principalmente al pastoreo de bovinos que se registró; además, es posible que se deba al desgaste de los nutrientes en el suelo

ocasionado por la erosión o a las condiciones de luz que ocasionó el tratamiento de árboles padres, las cuales pudieron afectar y debilitar a las especies tolerantes, así como impedir su normal desarrollo.

Cuadro 13. Valores de las medias de vigor por especie en cada área.

ÁREA	VALORES DE VIGOR POR ÁREA Y ESPECIE				Media
	<i>Abies vejari</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Pseudotsuga flahaulti</i>	<i>Pinus rudis</i>	
A		1.06		1.09	1.07
B	1.28	1.28	1.64	1.0	1.3
C	1.26	1.18	1.25	1.04	1.28
D	1.55	1.41	1.0	1.4	1.34

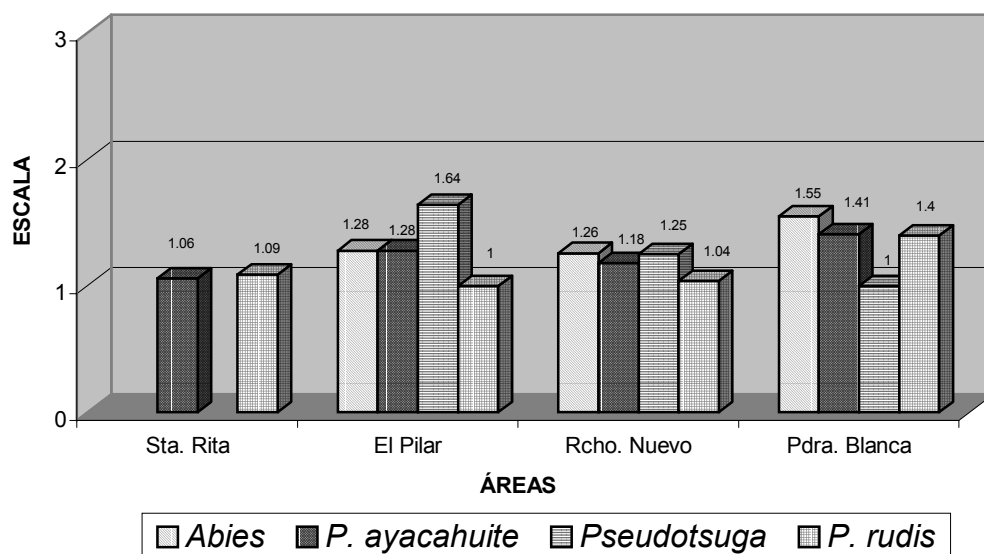


Figura 23. Vigor promedio de las especies en cada área.

Para el caso de las especies, solamente *Abies vejari* resultó tener diferencias estadísticas altamente significativas ($P > F, = 0.0006$). La prueba de comparación de medias (Cuadro A12) mostró que el área D es diferente a B y C y que B y C son iguales. El valor de la media de esta especie para el área D (1.55), tiende a ser más regular que bueno, lo cual posiblemente se deba a los daños del ganado y a los efectos de la luz sobre las especies tolerantes en sus primeras etapas. El área A no fue comparada por no registrar regeneración de esta especie.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye lo siguiente:

La regeneración natural inducida por el método de árboles padres, para las especies *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus rudis*, tuvo diferente respuesta según la densidad, cobertura y área basal de los árboles progenitores, y ante las diferentes condiciones ecológicas de las localidades donde se aplicó dicho tratamiento.

De manera general, el área basal y la cobertura de los árboles progenitores influyen más que la densidad, para el establecimiento de la regeneración, ya que se observó mejor respuesta sobre todo en especies tolerantes, para las áreas con mayor área basal y cobertura, es decir, se muestra una correlación positiva desde el punto de vista numérico, ya que a mayor área basal y cobertura, mayor regeneración natural, en el contexto de los rangos evaluados.

Después de entre 15 y 20 años de intervención silvícola, la regeneración natural no muestra un establecimiento exitoso en ninguna de las cuatro áreas, ni en el área con mayor densidad (Rancho Nuevo), ya que por su distribución, se ve sólo concentrada en espacios específicos. Lo mismo sucedió en el área con mayor cobertura arbórea (Santa Rita), donde el vuelo cubre apenas, un poco más del 20% de la superficie del terreno.

Tomando en cuenta el diámetro basal, la altura y las edades de la regeneración, se muestra una nueva masa forestal irregular, perdiéndose así el objetivo de homogeneizar los rodales forestales a través del tratamiento de árboles padres.

El vigor en general se muestra bueno para todas las especies en las diversas áreas estudiadas, excepto en Piedra Blanca, donde éste ha sido considerablemente mermado por efectos del pastoreo doméstico, lo cual se considera preponderantemente regular (escala 2).

Las especies con mayor índice de regeneración son, *Abies vejari* y *Pinus ayacahuite*, demostrando esta última, mayor agresividad de establecimiento en la mayoría de las áreas. En el caso de *Pseudotsuga flahaulti*, su establecimiento se mantiene regular en condiciones favorables.

Pinus rudis muestra problemas de establecimiento en todas las áreas de estudio sin importar la cantidad de árboles progenitores.

Las asociaciones vegetales que forman las especies: *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite*, *Pseudotsuga flahaulti* y *Pinus rudis*, no muestran una respuesta significativa a la aplicación del tratamiento de árboles padres.

Recomendaciones

Se recomienda no aplicar el tratamiento de árboles padres para especies tolerantes en la región de influencia de las cuatro áreas de estudio.

De manera especial, se sugiere la realización de acciones para la restauración del área Piedra Blanca y, la remoción de desperdicios en El Pilar; así como medidas de protección para las cuatro áreas estudiadas.

Se recomienda realizar proyectos de investigación para identificar los problemas de establecimiento de *Pinus rudis*.

Se recomienda la implementación de labores culturales complementarias al renuevo, específicamente la aplicación de podas en *Pinus ayacahuite*, para lograr un mejoramiento en la calidad de madera.

Se sugiere tratar al bosque con el método de regeneración de Selección, a bajas intensidades y dirigidas a árboles plagados, enfermos o decadentes, tomando en cuenta el hábitat de la fauna silvestre local.

Para el caso de las áreas adyacentes erosionadas correspondientes a Piedra Blanca, se recomienda el establecimiento de represas de retención de suelo (gaviones), para evitar la continuidad de la erosión hídrica.

Se recomienda aprovechar el escenario y paisaje de ésta región, fomentando el campismo y el establecimiento de ranchos cinegéticos, que generen ingresos a los dueños y poseedores de los recursos forestales, logrando de esta manera una mejor protección de los mismos.

Se recomienda la evaluación de la regeneración natural de coníferas, inducida por el tratamiento de árboles padres en las diferentes regiones de México, pudiéndose utilizar la metodología del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

Cano C., J. 1988. Sistema de manejo regular en los bosques de México. UACH. Chapingo, México. 221 p.

Capó A., M.A. 1999. Establecimiento de plantaciones forestales: Los Ingredientes del Éxito (manuscrito). México, 59 p.

Carrillo E., G. 1991. Apuntes del curso de inventarios forestales. Serie de apoyo académico No. 35. UACH., Chapingo, México, 295 p.

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1975. Carta Topográfica. G14 C35, San Antonio de las Alazanas, Coah. Escala 1: 50,000. S.P.P. México.

Chacón S.J. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizónica* Engelm. Ciencia Forestal, Vol. 8, No 42. INIF. México. pp. 3-20.

Daniel, P.W., J.A. Helms, y F. S. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. 2ª. Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 492 p.

Diccionario Interactivo. 1996. Ediciones Trebol, S.L. Barcelona, España. 984 p.

Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENL). 1979. Carta de Uso de Suelo. G14 C35, San Antonio de las alazanas, Coah. Escala 1:50,000. S.P.P. México.

Fisher M. 1993. El tratamiento silvícola. UANL, Facultad de Ciencias Forestales. México. 89 p.

Fors, J.A., e I. Reyes. 1947. Manual de silvicultura. Ministerio de Agricultura. La Habana 323 p.

Grijpma P. 1990. Producción forestal. 2ª edición. Manuales para la producción agropecuaria. Trillas. México. 134 p.

Hawley, R.C. y D.M. Smith. 1982. Silvicultura Práctica. 1ª Edición española. Ed. Omega, S.A. Barcelona, 544 p.

Hocker Jr., W.A. 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor S.A. México. 446 p.

Jardel, P. E., y S. V. Lázaro R. 1989. La sucesión forestal: fundamento ecológico de la silvicultura. Ciencia y Desarrollo, Vol XIV. No 84. México. pp. 33-43.

López T., A. 1997. Regeneración natural en un bosque de *Pinus rudis* Endl. Sujeto a diferentes intensidades de corta en Arteaga, Coah. Tesis profesional UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 117 p.

Martínez R., M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de selvas altas perennifolias en Veracruz. INIREB. México. pp. 191-240.

Mass P., 1974. Composición y desarrollo de las masas de coníferas. Curso de manejo silvícola de bosques de coníferas. Escuela Nacional Militar de Guardas Forestales “Dr. Manuel Martínez Solórzano ”. Uruapan Mich, México. 19 p.

Mendoza H., J.M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 616 p.

Nájera C., J.A. 2000. Efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de *Abies-Pseudotsuga-Pinus*, en Arteaga Coahuila. Tesis de maestría UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 173 p.

Nambiar, E.K.S. and Sands, R. 1993. Competition for water and nutrients in forest. School of forestry, University of Melbourne. Australia

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

Ruth, H.R., and A.S. Harris. 1979. Mangement of western hemlock-sitka spruce forest for timber production. Departament of Agriculture, Forest Service. USA.

SAS Institute Inc. 1992. SAS Technical report P. 229. SAS/STAT Software: Changes and enhancements, Release 6.07. SAS Intitute Inc. Cary, N:C:, USA.

Smith, D.M., B.C Larson, M.J. Kelty and P.M.S. Ashton. 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology. Nine edition. John Wiley and Sons, Inc. USA. 537 p.

Spurr, S.H. y B.V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. 1ª Edición en español. AGT. Editor S.A. México. 960 p.

Valencia, V. J. 1992. Análisis de la regeneración después del tratamiento de árboles padres en Atenquique, Jalisco. Ciencia Forestal, Vol. 17. No 71. INIF. México.

Wenger, K.F. 1984. Forestry Handbook. 2ª edition. John Wiley & Sons. Inc. U.S.A. 1335 p.

Young, R. A. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. 1ª Edición. Limusa. México. 632 p.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.

Cuadro A1. Análisis de Varianza para el diámetro basal al nivel de área.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	59.66679830	19.88893277	16.72	0.0001
Error	28	33.30575068	1.18949110		
Total Corregido	31	92.97254898			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media del d. basal
0.641768	28.21087	1.090638	3.86602056

Cuadro A2. Prueba de Comparación de Medias para el diámetro basal al nivel de área.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
A - D	0.688	2.704	4.720	**
A - B	1.346	3.362	5.378	**
A - C	2.767	4.674	6.581	**
D - A	-4.720	-2.704	-0.688	**
D - B	-0.830	0.659	2.148	
D - C	0.632	1.970	3.309	**
B - A	-5.378	-3.362	-1.346	**
B - D	-2.148	-0.659	0.830	
B - C	-0.026	1.312	2.650	
C - A	-6.581	-4.674	-2.767	**
C - D	-3.309	-1.970	-0.632	**
C - B	-2.650	-1.312	0.026	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A3. Análisis de Varianza para el diámetro de copa al nivel de área.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	1.14887132	0.38295711	6.49	0.0018
Error	28	1.65162159	0.05898649		
Total Corregido	31	2.80049291			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media del d. de copa
0.410239	25.75166	0.242871	0.94312881

Cuadro A4. Prueba de Comparación de Medias para el diámetro de copa al nivel de área.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
A - D	-0.1677	0.2812	0.7301	
A - B	-0.0347	0.4143	0.8632	
A - C	0.1845	0.6092	1.0339	**
D - A	-0.7301	-0.2812	0.1677	
D - B	-0.1985	0.1331	0.4647	
D - C	0.0300	0.3280	0.6260	**
B - A	-0.8632	-0.4143	0.0347	
B - D	-0.4647	-0.1331	0.1985	
B - C	-0.1031	0.1949	0.4929	
C - A	-1.0339	-0.6092	-0.1845	**
C - D	-0.6260	-0.3280	-0.0300	**
C - B	-0.4929	-0.1949	0.1031	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A5. Análisis de Varianza para la edad al nivel de área

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	30.39237239	10.13079080	3.70	0.0233
Error	28	76.74930631	2.74104665		
Total Corregido	31	107.14167870			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media de la edad
0.283665	17.68243	1.655611	9.36302622

Cuadro A6. Prueba de Comparación de Medias para la edad al nivel de área.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Limite de confianza superior
----------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------------

A	-	D	-1.234	1.827	4.887	
A	-	B	-0.834	2.227	5.287	
A	-	C	0.396	3.291	6.186	*
D	-	A	-4.887	-1.827	1.234	
D	-	B	-1.860	0.400	2.660	
D	-	C	-0.567	1.464	3.496	
B	-	A	-5.287	-2.227	0.834	
B	-	D	-2.660	-0.400	1.860	
B	-	C	-0.967	1.064	3.096	
C	-	A	-6.186	-3.291	-0.396	*
C	-	D	-3.496	-1.464	0.567	
C	-	B	-3.096	-1.064	0.967	

* Comparación significativa al nivel de 0.05

Cuadro A7. Análisis de Varianza para el vigor al nivel de área.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	0.77648165	0.25882722	5.21	0.0055
Error	28	1.39145587	0.04969485		
Total Corregido	31	2.1679375			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media del vigor
0.358166	17.17903	0.222923	1.29764874

Cuadro A8. Prueba de Comparación de Medias para el vigor al nivel de área.

Comparación de áreas		Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
D	- B	-0.0655	0.2388	0.5431	
D	- C	0.0799	0.3535	0.6270	**
D	- A	0.0514	0.4634	0.8755	**
B	- D	-0.5431	-0.2388	0.0655	
B	- C	-0.1588	0.1147	0.3882	
B	- A	-0.1874	0.2246	0.6367	
C	- D	-0.6270	-0.3535	-0.0799	**
C	- B	-0.3882	-0.1147	0.1588	
C	- A	-0.2799	0.1100	0.4998	
A	- D	-0.8755	-0.4634	-0.0514	**
A	- B	-0.6367	-0.2246	0.1874	
A	- C	-0.4998	-0.1100	0.2799	

** Comparación altamente significante al nivel de 0.01

Cuadro A9. Análisis de Varianza para la densidad al nivel de área.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	6607.098502	2202.366167	3.60	0.0256
Error	28	17118.271186	611.366828		
Total Corregido	31	23725.369688			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media de densidad
0.278482	102.5835	24.72583	24.1031250

Cuadro A10. Prueba de Comparación de Medias para la densidad al nivel de área.

Comparación de áreas		Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior
C	- B	-8.923	21.413	51.750
C	- A	-17.037	26.205	69.447
C	- D	4.164	34.501	64.838 *
B	- C	-51.750	-21.413	8.923
B	- A	-40.914	4.792	50.497
B	- D	-20.668	13.088	46.843
A	- C	-69.447	-26.205	17.037
A	- B	-50.497	-4.792	40.914
A	- D	-37.410	8.296	54.001
D	- C	-64.838	-34.501	-4.164 *
D	- B	-46.843	-13.088	20.668
D	- A	-54.001	-8.296	37.410

* Comparación significativa al nivel de 0.05

Cuadro A11. Análisis de Varianza para el vigor de *Abies vejari*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	2	1.14021231	0.57010615	9.99	0.0006
Error	25	1.42655210	2.56676441		
Total Corregido	27	2.56676441			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media del vigor
0.444222	18.02336	0.238877	1.32537271

Cuadro A12. Prueba de Comparación de Medias para vigor de *Abies vejari*.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
D - B	0.0088	0.3063	0.6038	**
D - C	0.2156	0.4871	0.7587	**
B - D	-0.6038	-0.3063	-0.0088	**
B - C	-0.0907	0.1809	0.4525	
C - D	-0.7587	-0.4871	-0.2156	**
C - B	-0.4525	-0.1809	0.0907	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A13 Análisis de Varianza para el diámetro basal de *Pinus ayacahuite*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	48.77433415	16.25811138	5.80	0.036
Error	26	72.83042691	2.80117027		
Total Corregido	29	121.60476106			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media del d. basal
0.401089	39.67339	1.673670	4.21861998

Cuadro A14. Prueba de Comparación de Medias para el diámetro basal de *Pinus ayacahuite*.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
A - B	-0.563	2.606	5.774	
A - D	-0.270	2.838	5.947	
A - C	1.350	4.314	7.278	*
B - A	-5.774	-2.606	0.563	
B - D	-2.144	0.233	2.609	
B - C	-0.475	1.709	3.892	
D - A	-5.947	-2.838	0.270	
D - B	-2.609	-0.233	2.144	
D - C	-0.620	1.476	3.571	
C - A	-7.278	-4.314	-1.350	*
C - B	-3.892	-1.709	0.475	
C - D	-3.571	-1.476	0.620	

* Comparación significativa al nivel de 0.05

Cuadro A15. Análisis de Varianza para la densidad de *Pinus ayacahuite*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	189.7606310	63.2535437	7.00	0.0013
Error	26	234.9863690	9.0379373		
Total Corregido	29	424.7470000			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media de densidad
0.446762	54.56109	3.006316	5.5100000

Cuadro A16. Prueba de Comparación de Medias para la densidad de *Pinus ayacahuite*.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
A - C	-1.740	3.583	8.907	
A - B	1.404	7.095	12.786	**
A - D	2.171	7.754	13.338	**
C - A	-8.907	-3.583	1.740	
C - B	-0.411	3.512	7.434	
C - D	0.406	4.171	7.935	**
B - A	-12.786	-7.095	-1.404	**
B - C	-7.434	-3.512	0.411	
B - D	-3.610	0.659	4.927	
D - A	-13.338	-7.754	-2.171	**
D - C	-7.935	-4.171	-0.406	**
D - B	-4.927	-0.659	3.610	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A17. Análisis de Varianza para el diámetro basal de *Pinus rudis*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	118.9655649	39.6551883	11.93	0.0004
Error	14	0.0004	0.0004		
Total Corregido	17	165.4823563			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media del d. basal
0.718902	42.62985	1.822808	4.27589506

Cuadro A18. Prueba de Comparación de Medias para el diámetro basal *Pinus rudis*.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
D - A	-4.336	0.500	5.336	
D - B	-1.385	3.047	7.480	
D - C	2.224	6.412	10.601	**
A - D	-5.336	-0.500	4.336	
A - B	-1.322	2.547	6.416	
A - C	2.325	5.912	9.499	**
B - D	-7.480	-3.047	1.385	
B - A	-6.416	-2.547	1.322	
B - C	0.345	3.365	6.385	**
C - D	-10.601	-6.412	-2.224	**
C - A	-9.499	-5.912	-2.325	**
C - B	-6.385	-3.365	-0.345	**

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A19. Análisis de Varianza para la altura de *Pinus rudis*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	13.58994008	4.52998003	6.42	0.0058
Error	14	9.87923964		0.70565997	
Total Corregido	17	23.46917972			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media de la altura
0.579055	58.20880	0.840036	1.44314198

Cuadro A20. Prueba de Comparación de Medias para la altura de *Pinus rudis*.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
D - A	-1.544	0.684	2.913	
D - B	-0.662	1.381	3.424	
D - C	0.515	2.446	4.376	**
A - D	-2.913	-0.684	1.544	
A - B	-1.086	0.697	2.480	
A - C	0.108	1.761	3.414	**
B - D	-3.424	-1.381	0.662	
B - A	-2.480	-0.697	1.086	
B - C	-0.327	1.064	2.456	
C - D	-4.376	-2.446	-0.515	**
C - A	-3.414	-1.761	-0.108	**
C - B	-2.456	-1.064	0.327	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A21. Análisis de Varianza para el diámetro de copa de *Pinus rudis*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	2.31511974	0.77170658	6.93	0.0043
Error	14	1.55865196	0.11133228		
Total Corregido	17	3.87377170			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media de d. copa
0.59764	45.68647	0.333665	0.73033642

Cuadro A22. Prueba de Comparación de Medias para el diámetro de copa de *Pinus rudis*.

Comparación de áreas	Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior
----------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------------

A	- D	-0.571	0.314	1.199	
A	- B	-0.236	0.472	1.180	
A	- C	0.295	0.952	1.609	**
D	- A	-1.199	-0.314	0.571	
D	- B	-0.653	0.158	0.969	
D	- C	-0.129	0.638	1.405	
B	- A	-1.180	-0.472	0.236	
B	- D	-0.969	-0.158	0.653	
B	- C	-0.073	0.480	1.033	
C	- A	-1.609	-0.952	-0.295	**
C	- D	-1.405	-0.638	0.129	
C	- B	-1.033	-0.480	0.073	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

Cuadro A23. Análisis de Varianza para la edad de *Pinus rudis*.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	Pr > F
Model	3	152.1518347	50.7172782	6.48	0.0056
Error	14	109.4942438	7.8210174		
Total Corregido	17	261.6460785			

R cuadrada	C:V:	Raíz del CME	Media de edad
0.581518	36.95807	2.796608	7.56697531

Cuadro A24. Prueba de Comparación de Medias para la edad de *Pinus rudis*.

Comparación de áreas		Límite de confianza inferior	Diferencia entre medias	Límite de confianza superior	
A	- D	-6.337	1.083	8.504	
A	- B	-2.264	3.672	9.608	
A	- C	1.843	7.346	12.849	**
D	- A	-8.504	-1.083	6.337	
D	- B	-4.212	2.589	9.390	
D	- C	-0.164	6.262	12.689	
B	- A	-9.608	-3.672	2.264	
B	- D	-9.390	-2.589	4.212	
B	- C	-0.960	3.674	8.308	
C	- A	-12.849	-7.346	-1.843	**
C	- D	-12.689	-6.262	0.164	
C	- B	-8.308	-3.674	0.960	

** Comparación altamente significativa al nivel de 0.01

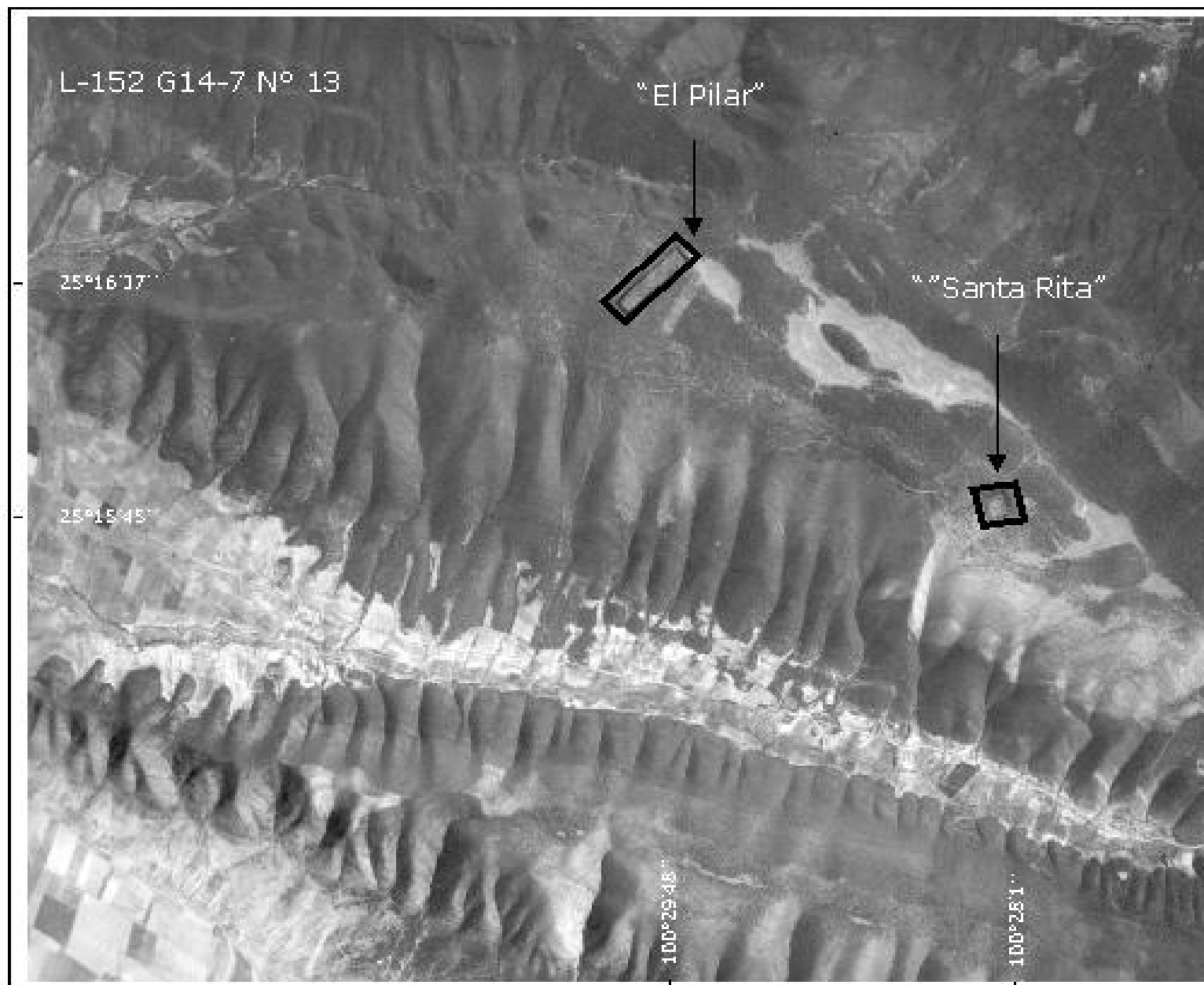


Figura 1A. Ubicación de áreas de estudio en la pequeña propiedad El Pilar y Ejido sa

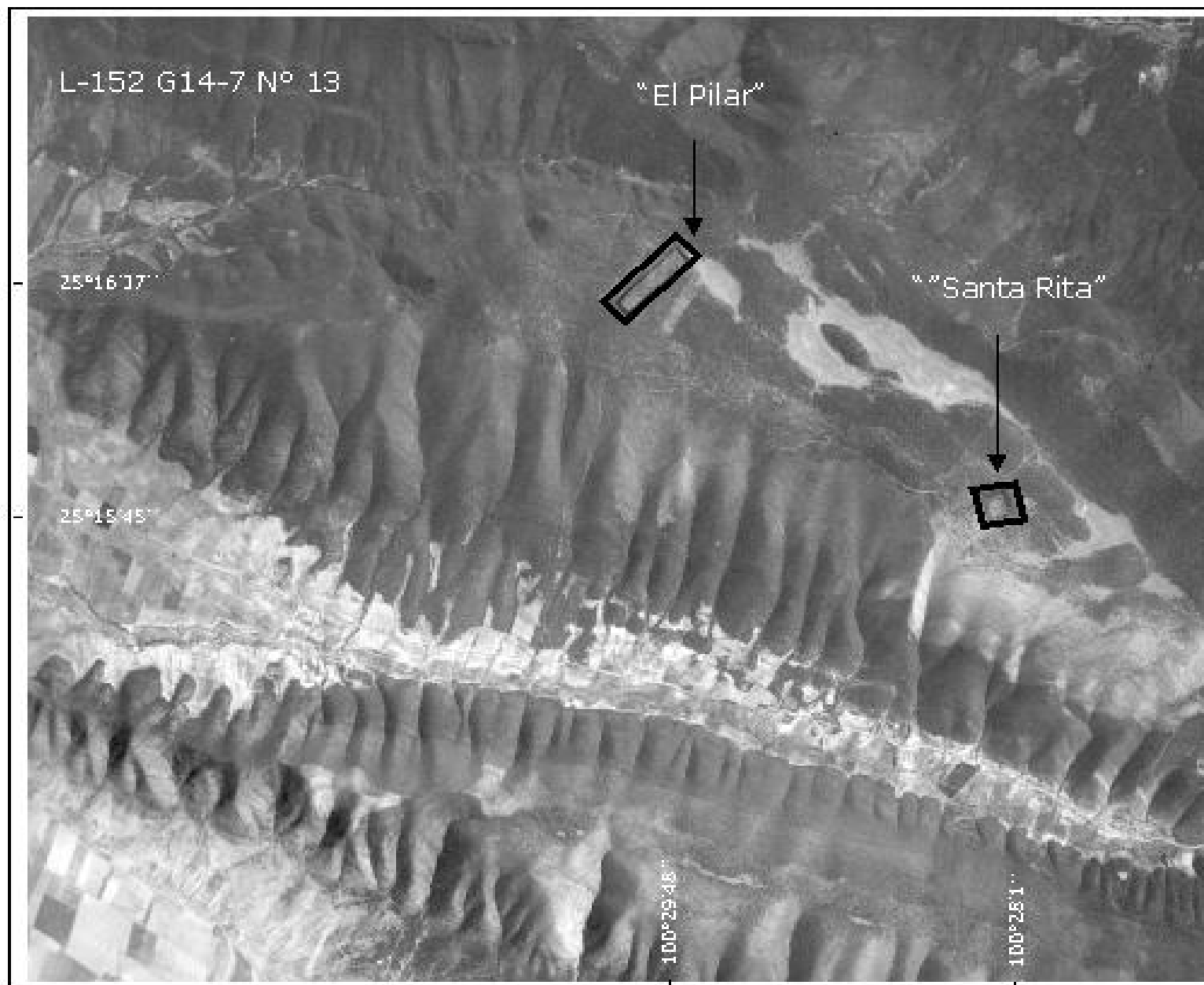


Figura 1A. Ubicación de áreas de estudio en la pequeña propiedad El Pilar y Ejido sa